

Progetto - Projet
**GEREMIA - Gestione dei reflui per il miglioramento
delle acque portuali**



OUTPUT T2.1- MISURE DI GESTIONE DEI REFLUI

OUTPUT T2.1 - MESURES DE GESTION DES EAUX USÉES

Partner responsabile - Partner responsable : Université de Toulon

Partner contributori - Partenaires contributeurs : Università di Genova, Servizi Ecologici Porto di Genova Srl, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, Istituto per lo studio degli impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino

Descrizione dell'Output: Il problema dei reflui nelle acque portuali è stato affrontato, oltre che con i modelli matematici di simulazione di rilascio di reflui, con l'adozione di misure di gestione locali e a monte, con protocolli ed indici di rischio integrati. Il monitoraggio delle acque, per mezzo di specie target e sensori ad hoc, ha favorito il calcolo dell'indice integrato, insieme all'uso del modello Sediqualssoft. Lo sviluppo di nuovi sensori ha permesso il monitoraggio in continuo della qualità delle acque. In questo Output vengono descritti i principali risultati ottenuti porto per porto grazie all'adozione della strategia messa in atto dal Progetto per affrontare il problema dei reflui.

Description du Output: Outre les modèles mathématiques simulant le rejet des eaux usées, le problème des eaux usées dans les eaux portuaires a été abordé en adoptant des mesures de gestion locales et en amont avec des protocoles intégrés et des indices de risque. La surveillance de l'eau, au moyen d'espèces cibles et de capteurs ad hoc, a facilité le calcul de l'indice intégré, ainsi que l'utilisation du modèle Sediqualssoft. Le développement de nouveaux capteurs a permis de surveiller en permanence la qualité de l'eau. Ce output décrit les principaux résultats obtenus port par port suite à l'adoption de la stratégie mise en œuvre par le projet pour traiter le problème des eaux usées.

Sintesi

Conciliare la necessità della crescita economica con la preservazione del patrimonio culturale e ambientale è una sfida da affrontare quotidianamente. La valutazione degli impatti e delle pressioni sugli ecosistemi da parte delle attività antropiche deve essere sviluppata su solide basi scientifiche e tecniche, così come suggerito dai più moderni approcci gestionali, quali ad esempio l'Ecosystem based Management. Seguendo questo approccio e con la consapevolezza che la qualità ambientale di un porto influenza l'ambiente marino su scale spaziali molto grandi, la gestione del rischio da inquinamento deve essere condivisa su basi transfrontaliere.

Il Progetto GEREMIA ha l'obiettivo generale di formare e supportare, con strumenti e soluzioni pratiche ed innovative, chi ha la responsabilità di gestire la qualità delle acque

portuali. Tale obiettivo è ottenuto attraverso attività di monitoraggio, valutazione e miglioramento della qualità dell'ambiente marino portuale.

Il progetto coniuga le competenze specifiche – scientifiche e tecniche - di sei partner distribuiti in cinque siti dell'area di cooperazione del Programma Interreg Marittimo (Genova, La Spezia, Livorno, Oristano, Tolone). Le attività sono state condotte in 4 porti pilota (Genova, La Spezia, Tolone e Olbia), le cui acque sono sottoposte a rischio di inquinamento, sia legato alle attività antropiche interne, sia derivante dall'immissione di reflui inquinanti, veicolati dall'entroterra tramite il trasporto dei rii e torrenti che sfociano nei bacini portuali. Le aree portuali e gli ambienti marini e costieri limitrofi sono mutualmente legati; la qualità delle acque portuali presenta quindi una significativa potenzialità di impatto anche sulle aree esterne al porto stesso.

Il Progetto GEREMIA ha messo a punto un piano di monitoraggio congiunto per la realizzazione di diverse campagne di prelievo di campioni di acqua, sedimento e biota nei 4 porti pilota. I risultati ottenuti hanno permesso di identificare lo stato di salute degli ambienti marini indagati e sono stati utilizzati per la definizione di un indice integrato di qualità delle acque specifico per ciascun porto. Parallelamente alle attività di campo, è stato realizzato un cospicuo numero di simulazioni numeriche in grado di descrivere la dispersione di inquinanti nelle acque portuali. Tramite l'analisi di grandi moli di dati e algoritmi di clustering è stato possibile identificare 25 diversi scenari climatici per ogni località ai quali corrispondono altrettanti possibili scenari di dispersione di inquinanti. Tutte queste informazioni rappresentano la base su cui è sviluppato il Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) reso disponibile agli operatori portuali e facilmente esportabile a diversi contesti, oltre ai siti pilota del Progetto.

Il DSS gestisce diversi livelli di informazione e una grande mole di dati derivante dall'unione delle informazioni raccolte durante le campagne di monitoraggio e i risultati delle simulazioni numeriche per la previsione della dinamica di dispersione di inquinanti all'interno delle acque portuali. Tale strumento rappresenta un notevole accrescimento delle capacità gestionali degli operatori per azioni di prevenzione e d'intervento in caso di emergenze ambientali.

GEREMIA non solo è un'occasione per proporre strategie di gestione, ma permette anche di attuare azioni pilota su diverse realtà portuali dell'area di cooperazione (Genova, Tolone, Olbia e La Spezia) grazie all'installazione di strumenti per il monitoraggio delle acque e di sistemi sia standard sia innovativi di contenimento dei reflui e di bioremediation.

Sinthese

Concilier le besoin de croissance économique et la préservation du patrimoine culturel et environnemental est un défi à relever au quotidien. L'évaluation des impacts et des pressions sur les écosystèmes par les activités anthropiques doit être développée sur des bases scientifiques et techniques solides, comme le suggèrent les approches de gestion les plus modernes, telles que l'Ecosystembased Management. En suivant cette approche et en étant conscient que la qualité environnementale d'un port influe sur le milieu marin à de très grandes échelles spatiales, la gestion du risque de pollution doit être partagée sur une base transfrontalière.

GEREMIA a pour objectif général de former et d'accompagner, avec des outils et des solutions pratiques et innovantes, les responsables de la gestion des eaux portuaires. Cet objectif est atteint grâce à une évaluation des impacts et des pressions sur les écosystèmes par les activités anthropiques, développées sur des bases scientifiques et techniques solides.

Le projet combine les compétences spécifiques – scientifiques et techniques – de six partenaires répartis sur cinq sites de la zone du Programme Interreg Maritime (Gênes, La Spezia, Livourne, Oristano, Toulon) qui ont réalisé leurs activités dans 4 ports pilotes. Dans ces ports, les eaux portuaires sont soumises à des risques de pollution, liés d'un côté aux activités anthropiques internes et, de l'autre, à l'introduction d'eaux usées polluantes, véhiculées de l'arrière-pays par les canaux et ruisseaux qui se jettent dans les bassins portuaires. Les zones portuaires et les milieux marins et côtiers environnants sont interdépendants ; la qualité des eaux du port a donc un potentiel d'impact significatif également sur les zones situées en dehors du port lui-même.

Le Projet GEREMIA a élaboré un plan de surveillance conjoint pour la mise en oeuvre de plusieurs campagnes de prélèvements d'échantillons d'eau, de sédiments et de biote dans les 4 ports pilotes. Les résultats obtenus ont permis de définir l'état de santé des milieux marins échantillonnés et ont été utilisés pour définir un indice intégré de qualité des eaux spécifique à chaque port.

Parallèlement aux activités de terrain, de nombreuses simulations numériques ont été réalisées pour décrire la dispersion des polluants dans les eaux portuaires. Grâce à l'analyse de grandes quantités de données et d'algorithmes de clustering, il a été possible d'identifier 25 scénarios climatiques différents pour chaque emplacement auxquels correspondent autant de scénarios de dispersion de polluants. Toutes ces informations représentent la base sur laquelle est développé le Système d'Aide à la

Décision (SAD), mis à la disposition des opérateurs portuaires et facilement applicable dans d'autres contextes, outre les sites pilotes du Projet.

Le SAD gère différents niveaux d'informations et une grande quantité de données résultant de l'union des informations recueillies lors des campagnes de surveillance et des résultats des simulations numériques pour la prévision de la dynamique de dispersion des polluants au sein des eaux portuaires. Cet outil apporte une augmentation significative des compétences de gestion des opérateurs pour les actions de prévention et d'intervention en cas d'urgence environnementale.

Si GEREMIA propose des stratégies de gestion, il permet également la mise en place d'actions pilotes dans différents sites portuaires de la zone de coopération (Gênes, Toulon, Olbia et La Spezia) grâce à la mise en place de dispositifs de surveillance de l'eau et de systèmes de confinement et de bioremédiation.

Indice

1 - Porto di Genova / Port de Gênes	1
1.1 Pesci / Poissons.....	1
1.2 Sedimenti e mitili / Sediments et moules	4
1.3 Clustering / Clustering.....	7
1.4 Modelli di circolazione numerica / Les modèles de circulation numérique	9
2 – Porto di La Spezia / Port de La Spezia.....	11
2.1 Monitoraggio delle correnti marine / Surveillance des courants marins	12
2.2 Sedimenti e mitili / Sediments et moules	14
2.3 Modelli di circolazione numerica / Les modèles de circulation numérique	17
3 – Porto di Tolone / Port de Toulon.....	19
3.1 Colonna d’acqua - Colonne d’eau	19
3.2 Sedimenti - Sediments	23
4 – Porto di Olbia / Port de Olbia	26
4.1 Correnti e caratteristiche chimico-fisiche della colonna d’acqua / Les courants et les caractéristiques physicochimiques de la colonne d’eau.....	26
4.2 Sedimenti e mitili - Sédiments et moules	30
4.3 Simulazione - Simulation	33
5 - Monitoraggio post-lockdown / Surveillance post-confinement.....	34
6 - Sediqualsoft® GEREMIA e indici Integrati / Sediqualsoft® GEREMIA et indices Intégrés.....	40
7 - Sistema di supporto alle decisioni (GEREMIA DSS) / Système d’aide à la décision (GEREMIA DSS)	49
7.1 DSS Olbia / DSS Olbia	55
8 - E-Learning (GEREMIA VR) / E-Learning (GEREMIA VR)	57
9 - Installazione sistemi di contenimento degli inquinanti nel Porto di Genova / Installation de systems de confinement des polluants dans le Port de Gênes.....	60
9.1 Attività pilota di mycoremediation / Activités pilotes de mycoremédiation	60
9.2 Installazione di sistemi di segregazione degli inquinanti / Installation de systèmes de confinement des polluants	63

1 - Porto di Genova / Port de Gênes



Le attività di monitoraggio delle acque del Porto di Genova hanno previsto la realizzazione di due campagne durante le quali sono state campionate, analizzate e studiate diverse matrici abiotiche e biotiche, ovvero i sedimenti di fondo, la colonna d'acqua, i mitili e i pesci, al fine di indagare lo stato di salute dell'ambiente marino portuale genovese. Le attività di simulazione hanno previsto la definizione di scenari multi-variabile in ambito meteo-marino, grazie all'analisi di serie storiche di variabili ambientali tramite l'applicazione di tecniche di clustering. Per il Porto di Genova sono stati selezionati 25 scenari meteo-marini rappresentativi della variabilità climatica del sito, utilizzati poi per la simulazione della dinamica della dispersione di inquinanti nelle acque portuali.



Les activités de surveillance des eaux du Port de Gênes ont consisté en la réalisation de deux campagnes au cours desquelles différentes matrices abiotiques et biotiques ont été échantillonnées, analysées et étudiées, en particulier les sédiments de fond, la colonne d'eau, les moules et les poissons, afin d'étudier l'état de santé de l'environnement marin portuaire. Les activités de simulation ont consisté à définir des scénarios multi-variables de météorologie marine grâce à l'analyse d'événements climatologiques passés et des relatives séries de nombreuses variables environnementales par l'application de techniques de clustering. Pour le Port de Gênes, 25 scénarios de météo marine représentatifs de la variabilité climatique du site ont été sélectionnés et ont ensuite été utilisés pour simuler la dynamique de la dispersion des polluants dans les eaux portuaires.

1.1 Pesci / Poissons



Sono stati campionati dall'Università di Genova (DISTAV) pesci della famiglia dei Mugilidi, al fine di analizzarne lo stato di salute, tramite analisi istopatologiche, molecolari e chimiche. I campionamenti di pesci sono stati effettuati nel Porto di Genova e nella Peschiera di S'Ena Arrubia (OR), sito selezionato come area di confronto rispetto all'ambiente porto, in quanto meno impattato da attività antropiche che possono causarne inquinamento. I campionamenti nel Porto di Genova sono stati possibili grazie al supporto di Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, Capitaneria di Porto di Genova, Barcaioli delle Grazie, Servizi Ecologici Porto di Genova

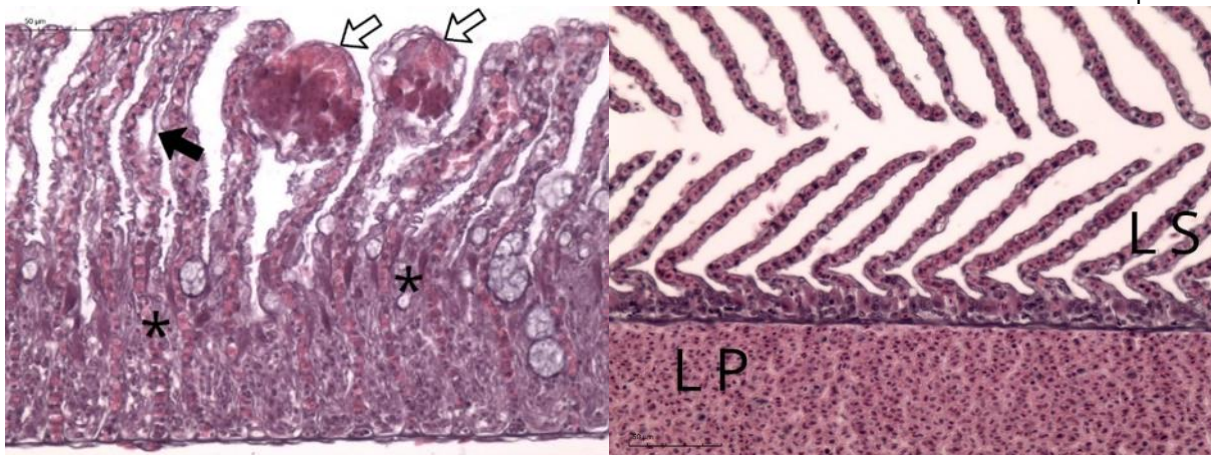
e il personale della barca da pesca Corsaro; a Oristano grazie al personale della Peschiera di S'Ena Arrubia.

Le analisi istopatologiche dei tessuti (branchie e fegati) e l'analisi dell'attività enzimatica dell'EROD (sistema di detossificazione delle sostanze di scarto presenti nel fegato dei pesci) degli esemplari di pesci campionati nel Porto di Genova hanno mostrato evidenze di uno stato di salute mediamente peggiore e gli effetti di una possibile esposizione a contaminanti ambientali, rispetto a quelli degli esemplari campionati nel sito di confronto con minor impatto antropico, ovvero la Peschiera di S'Ena Arrubia. Analogamente, le analisi chimiche sui tessuti hanno messo in evidenza concentrazioni maggiori di alcuni metalli, come il piombo, nei pesci del Porto di Genova rispetto ai pesci di S'Ena Arrubia.



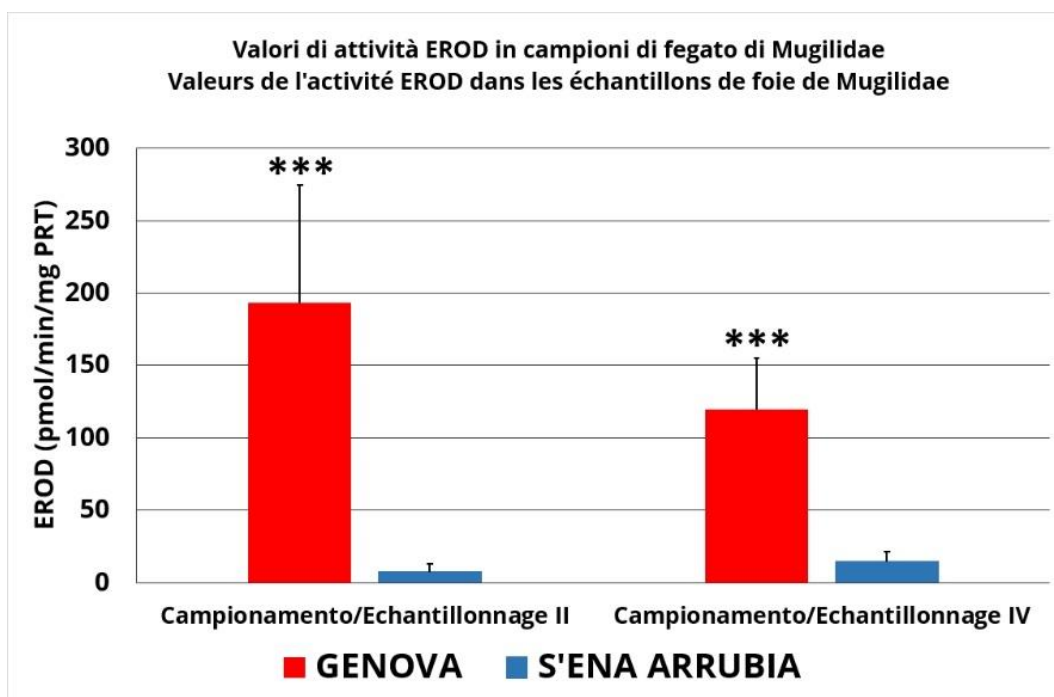
Des poissons de la famille des Mugilidae ont été échantillonnés par l'Université de Gênes (DISTAV) afin d'analyser leur état de santé à travers des analyses histopathologiques, moléculaires et chimiques. L'échantillonnage des poissons a été effectué dans le Port de Gênes et dans la Peschiera de S'Ena Arrubia (OR), un site choisi comme site de comparaison avec l'environnement portuaire, car il est moins impacté par les activités anthropiques. Les échantillonnages dans le Port de Gênes ont été possibles grâce à la collaboration de l'Autorité portuaire de la Ligurie occidentale, de la Capitainerie du Port de Gênes, de Barcaioli delle Grazie, des Servizi Ecologici Porto di Genova et du personnel du bateau de pêche Corsaro ; à Oristano grâce au personnel de la Peschiera di S'Ena Arrubia.

Les analyses histopathologiques des tissus (branchies et foie) et l'analyse de l'activité enzymatique de l'EROD (système de détoxification des substances résiduelles présentes dans le foie des poissons) des poissons échantillonnés dans le Port de Gênes ont mis en évidence un état de santé moyen moins bon, et les effets d'une éventuelle exposition aux contaminants environnementaux, par rapport aux poissons échantillonnés dans le site de comparaison, où l'impact anthropique est moindre, à savoir la Peschiera di S'Ena Arrubia. De même, les analyses chimiques sur les tissus ont montré des concentrations plus élevées de certains métaux, comme le plomb, dans les poissons du Port de Gênes par rapport à ceux de S'Ena Arrubia.



■ ■ A sinistra, un esempio di branchia con alterazioni istologiche di un pesce pescato nel Porto di Genova (*: iperplasia epitelio lamina primaria; frecce bianche: aneurismi; freccia nera: lifting epiteliale). A destra, un esempio di branchia sana di un pesce di S'Ena Arrubia (LP: lamina primaria; LS: lamelle secondarie).

■ ■ A gauche, un exemple de branchie avec des altérations histologiques d'un poisson du Port de Gênes (* : hyperplasie épithéliale lamina primaire ; flèches blanches : anévrismes ; flèche noire : soulèvement épithélial). A droit, un exemple de branchie saine d'un poisson de S'Ena Arrubia (LP : lamina primaire ; LS : lamelles secondaires).



■ ■ Confronto tra i valori dell'attività EROD nei fegati dei pesci di Genova e quelli di S'Ena Arrubia.

■ ■ Comparaison des valeurs de l'activité EROD dans les foies des poissons de Gênes et de ceux de S'Ena Arrubia.

1.2 Sedimenti e mitili / Sediments et moules



L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, in collaborazione con l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure, ha effettuato il prelievo di sedimenti per l'esecuzione di analisi chimico fisiche ed ecotossicologiche ed il mussel watch per le indagini di bioaccumulo ed i test sui biomarkers. Le indagini sono state condotte in corrispondenza di 3 stazioni, ubicate in diverse aree rappresentative delle varie condizioni ambientali del Porto di Genova (ingresso di levante, porto interno, foce del Torrente Polcevera).



L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, en collaboration avec l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure, a réalisé l'échantillonnage des sédiments pour les analyses physicochimiques et écotoxicologiques et le « mussel watch » pour les enquêtes de bioaccumulation et les tests sur les biomarqueurs. Les recherches ont été effectuées dans trois sites, situés dans différentes zones correspondant à diverses conditions environnementales au sein du Port de Gênes (entrée orientale, intérieur du port, embouchure du Polcevera).





In tabella sono riportate le concentrazioni degli elementi in tracce misurate nei sedimenti. Per avere un riferimento circa la qualità dei sedimenti analizzati, i risultati analitici sono stati confrontati con i Livelli chimici (L1 e L2) di riferimento nazionali italiani (Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali dell'Allegato tecnico al D.M. 173/2016). Le concentrazioni di Cd, Cr, Ni, Pb e Zn sono risultate sempre superiori al valore L1 in tutte le stazioni ed in tutte le campagne e, in alcuni casi, anche superiori al valore L2. Le concentrazioni più alte sono state misurate nella stazione posta nell'area della parte più interna del porto e in quella posizionata alla foce del Torrente Polcevera.




Le tableau montre les concentrations de métaux traces mesurées dans les sédiments. Afin d'avoir une référence sur la qualité des sédiments analysés, les résultats analytiques ont été comparés avec les niveaux chimiques de référence nationaux italiens (L1 et L2) (Tableau 2.5 - Niveaux chimiques de référence nationaux de l'Annexe technique du Décret Ministériel 173/2016). Les concentrations de Cd, Cr, Ni, Pb et Zn sont supérieures à la valeur L1 dans toutes les stations de mesure et pour toutes les campagnes et, dans certains cas, supérieures à la valeur L2. Les concentrations les plus


élevées ont été mesurées à la station située dans la zone la plus intérieure du port et à la station située à l'embouchure de la rivière Polcevera.

 Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei sedimenti prelevati nel Porto di Genova (mg/kg s.s). In giallo sono rappresentate le concentrazioni superiori al limite L1, in rosso quelle superiori al limite L2.



 Concentrations de métaux traces mesurées dans les sédiments échantillonnés dans le Port de Gênes (mg/kg pc). Les concentrations supérieures à la limite L1 sont indiquées en jaune, les concentrations supérieures à la limite L2 en rouge.

Campagna <i>Campagne</i>	Stazione <i>Station</i>	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I 13/12/2018	Interno porto <i>Intérieur du port</i>	8.78	0.74	64.60	32.93	0.18	43.90	52.95	135.11
	Ingresso di levante <i>Entrée orientale</i>	5.61	0.34	80.11	51.59	0.46	46.32	63.25	162.42
	Foce del Polcevera <i>Embouchure du Polcevera</i>	10.42	0.47	149.19	84.58	0.23	127.04	63.05	226.55
II 16/05/2019	Interno porto <i>Intérieur du port</i>	8.03	0.44	59.14	46.12	0.17	44.82	74.31	143.47
	Ingresso di levante <i>Entrée orientale</i>	13.96	0.41	77.79	78.21	1.36	46.00	92.11	208.00
	Foce del Polcevera <i>Embouchure du Polcevera</i>	5.45	0.37	133.14	88.57	0.23	131.11	59.67	243.72

 I mitili trapiantati sono stati inseriti all'interno di gabbie per preservarne l'integrità e immersi in mare a circa 3 metri di profondità. Le concentrazioni dei metalli misurate nei mitili sono state messe in relazione a quelle di riferimento di un campione prelevato al tempo zero. Nella prima campagna si è osservato un generale accumulo di metalli ed elementi in tracce, particolarmente evidente nella stazione più interna al porto per il rame e lo zinco. Nella seconda campagna invece si è osservata una maggiore variabilità: ad eccezione dell'arsenico e del cadmio che sono rimasti pressoché costanti, le concentrazioni misurate sembrano essersi lievemente ridotte rispetto alla prima campagna.



 Les moules transplantées ont été placées dans des cages et immergées dans la mer à une profondeur d'environ 3 mètres. Les concentrations en métaux mesurées dans les moules ont été comparées aux concentrations de référence d'un échantillon prélevé au

temps zéro. Lors de la première campagne, une accumulation générale de métaux et d'éléments traces a été observée, particulièrement évidente dans la station la plus éloignée du port pour le cuivre et le zinc. Lors de la deuxième campagne, une plus grande variabilité a toutefois été observée : à l'exception de l'arsenic et du cadmium, qui sont restés plus ou moins constants, les concentrations mesurées semblent avoir légèrement diminué par rapport à la première campagne.

-  Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei mitili trapiantati nel Porto di Genova (mg/kg s.s).
 Concentrations en métaux traces mesurées dans les moules transplantées dans le Port de Gênes (mg/kg pc).

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I 16/01/2019	Tempo zero <i>Temps zéro</i>	17.92	0.362	1.49	6.34	0.07	1.52	3.44	175.64
	Interno porto <i>Intérieur du port</i>	25.51	0.631	2.62	8.28	0.16	2.61	10.36	287.93
	Ingresso di levante <i>Entrée orientale</i>	20.28	0.525	3.91	114.00	0.32	2.47	27.59	313.17
II 18/06/2019	Tempo zero <i>Temps zéro</i>	8.07	0.105	1.53	5.68	0.18	0.94	3.42	99.66
	Interno porto <i>Intérieur du port</i>	10.22	0.180	0.67	2.22	0.14	0.39	1.86	72.29
	Ingresso di levante <i>Entrée orientale</i>	8.82	0.156	0.73	4.56	0.19	0.37	4.71	60.71
	Foce del Polcevera <i>Embouchure du Polcevera</i>	9.76	0.197	0.58	1.93	0.12	0.48	1.84	84.86



-  Gabbie utilizzate per il posizionamento dei mitili nel Porto di Genova.
 Cages utilisées pour l'immersion des moules dans le Port de Gênes.

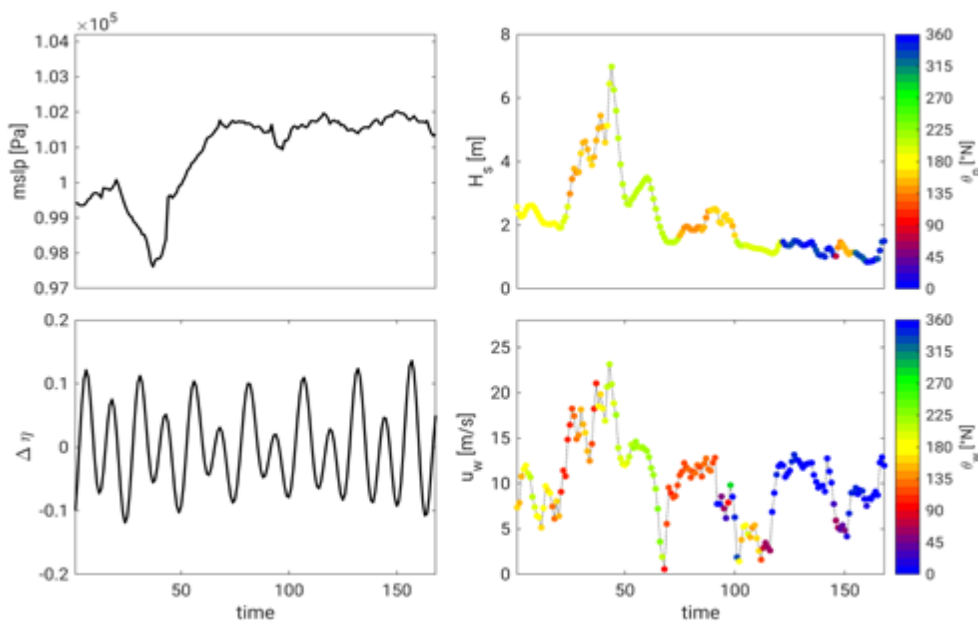
1.3 Clustering / Clustering





Il clustering fa parte di un insieme di tecniche di analisi multivariata dei dati che permettono di selezionare e raggruppare elementi omogenei in un insieme di dati. Si basano su misure relative alla somiglianza tra gli elementi stessi: in molti approcci, questa similarità/ dissimilarità è concepita in termini di distanza in uno spazio multidimensionale. Solitamente si fa riferimento alle tecniche di clustering partizionale (es. k-Means e Maximum Dissimilarity Analysis), che permettono di classificare i dati senza conoscere a priori la distribuzione delle diverse classi e di scegliere quali sono le caratteristiche di interesse per distinguere i diversi gruppi (o cluster). La scelta del numero ottimale di cluster è guidata da un'analisi di sensibilità dei risultati del clustering: essa permette di valutare l'andamento della varianza complessiva dei dati in funzione del numero di cluster considerato. In questo modo è possibile verificare se il clustering permette di ottenere un'opportuna copertura dello spazio multivariato dei dati.



Le clustering fait partie d'un ensemble de techniques d'analyse de données multivariées qui permettent de sélectionner et de regrouper des éléments homogènes dans un ensemble de données. Il est basé sur des mesures liées à la similarité entre les éléments eux-mêmes : dans de nombreuses approches, cette similarité/dissimilarité est conçue en termes de distance dans un espace multidimensionnel. Généralement, les techniques utilisées sont celles du regroupement partitionnel (par exemple, les k-Means et l'analyse de dissimilarité maximale) qui permettent de classer des données sans connaître a priori la distribution des différentes classes et de choisir les caractéristiques d'intérêt pour distinguer les différents groupes (ou clusters). Le choix du nombre de clusters est guidé par une analyse de sensibilité des résultats du clustering : elle permet d'évaluer la tendance de la variance globale des données en fonction du nombre de clusters considérés. De cette manière, il est possible de vérifier si le clustering permet d'obtenir une couverture appropriée de l'espace multivarié des données.



-  Esempio di scenario climatologico selezionato (n°10).
-  Exemple de scénario climatologique sélectionné (n°10).

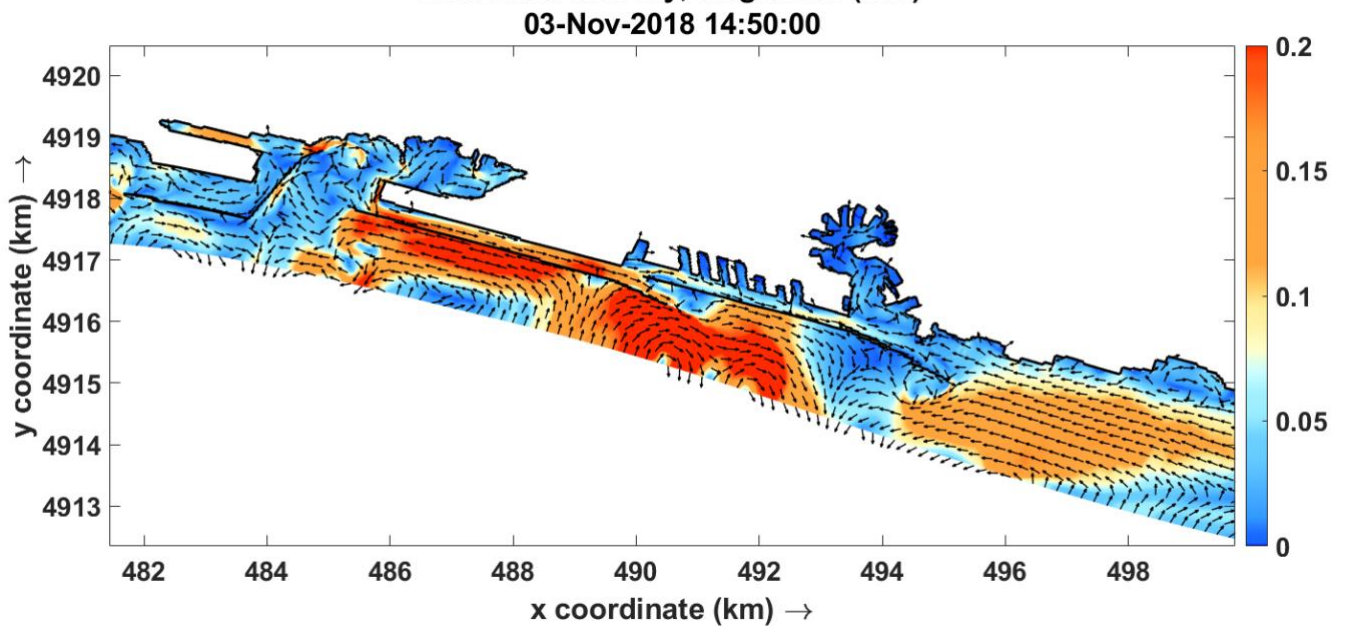
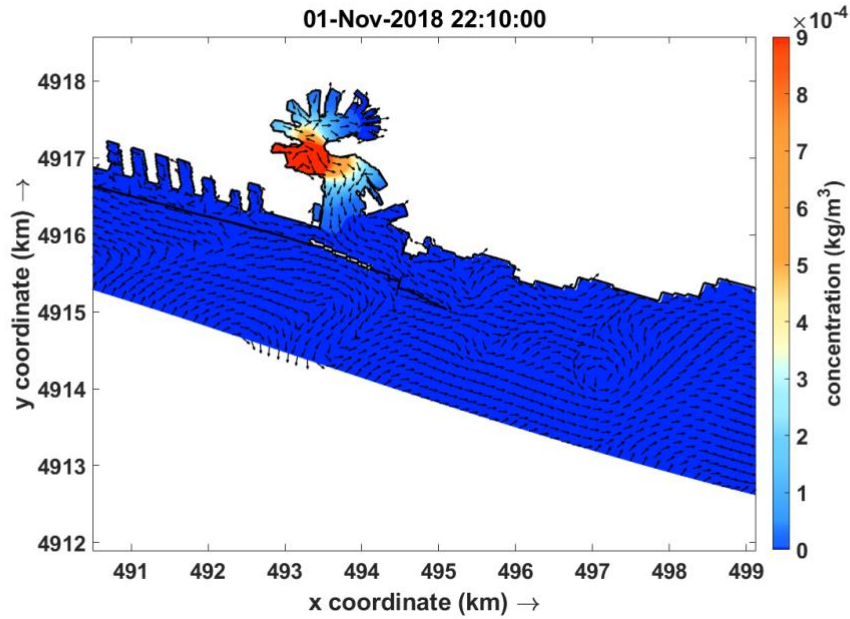
1.4 Modelli di circolazione numerica / Les modèles de circulation numérique



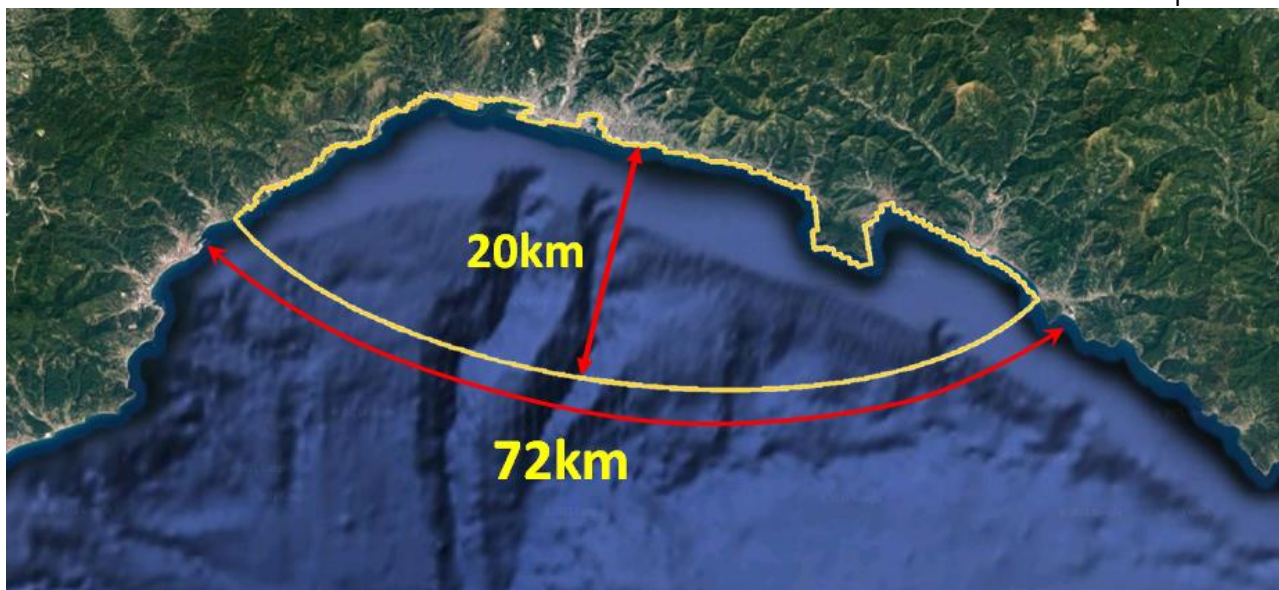
Lo studio della circolazione marina e dell'idrodinamica del processo di dispersione di inquinanti realizzata dall'Università di Genova (DICCA) ha utilizzato come input gli scenari climatologici selezionati con il clustering. Per le simulazioni numeriche è stato impiegato DELFT3D, una suite di software unica e completamente integrata per un approccio multidisciplinare. In particolare, è stato utilizzato il modulo FLOW che ha permesso di simulare l'idrodinamica multidimensionale, calcolando la circolazione non stazionaria e i fenomeni di trasporto, forzati dalle condizioni meteomarine identificate con le tecniche di clustering (marea, vento, onde e campi di pressione). Il dominio di calcolo è stato discretizzato all'interno del porto e nelle sue adiacenze con una maglia curvilinea. L'applicazione di tali modelli ha permesso di simulare l'evoluzione della dispersione di un inquinante in funzione delle condizioni climatiche imposte come input. Si è ottenuto quindi l'evoluzione della velocità orizzontale che si genera sulla superficie del dominio e l'evoluzione della concentrazione di inquinante.





L'étude de la circulation marine et de l'hydrodynamique du processus de dispersion des polluants réalisée par l'Université de Gênes (DICCA) a utilisé en entrée les scénarios climatologiques sélectionnés lors du clustering. Les simulations numériques ont été effectuées grâce à DELFT3D, une suite logicielle unique et totalement intégrée pour une approche multidisciplinaire. En particulier, le module FLOW a été utilisé pour simuler l'hydrodynamique multidimensionnelle, en calculant la circulation non stationnaire et les phénomènes de transport résultant du forçage des conditions météorologiques marines identifiées grâce aux techniques de clustering (marée, vent, vagues et champs de pression). Le domaine de calcul a été discrétisé à l'intérieur du port et dans les eaux environnantes en utilisant un maillage curviligne. L'application de ces modèles a permis de simuler l'évolution de la dispersion d'un polluant en fonction des conditions climatiques utilisées en entrée. L'évolution de la vitesse horizontale générée à la surface du domaine et l'évolution de la concentration en polluants ont ainsi été définies.



- ■ Istantanee di: evoluzione della concentrazione di inquinante (sopra) e distribuzione della velocità superficiale (sotto) per lo scenario n°10.
- ■ Instantanés de l'évolution de la concentration de polluants (en haut) et de la distribution de la vitesse de surface (en bas) pour le scénario no. 10.



 Dominio di studio per l'area portuale di Genova.
 Domaine d'étude de la zone portuaire de Gênes.

2 - Porto di La Spezia / Port de La Spezia



Le attività di monitoraggio dello stato di salute delle acque del Porto di La Spezia hanno comportato la realizzazione di due campagne per il campionamento e l'analisi dei sedimenti e della colonna d'acqua ed il trapianto dei mitili per le prove di bioaccumulo ed i test sui biomarkers e l'installazione di un correntometro fisso per la misura della dinamica lungo la colonna d'acqua. Le attività di simulazione hanno previsto la definizione di scenari multi-variabile in ambito meteo-marino, grazie all'analisi di serie storiche di variabili ambientali, condotte tramite l'applicazione di tecniche di clustering.

Per il Porto di Spezia sono stati selezionati 25 scenari meteo-marini rappresentativi della variabilità climatica del sito, utilizzati poi per la simulazione della dinamica della dispersione di inquinanti nelle acque portuali.



La surveillance de l'état de santé des eaux du Port de La Spezia a consisté en deux campagnes d'échantillonnage et d'analyse des sédiments et de la colonne d'eau, la transplantation de moules pour des tests de bioaccumulation et des tests de biomarqueurs, et l'installation d'un courantomètre fixe pour mesurer la dynamique le long de la colonne d'eau. Les activités de simulation ont comporté la définition de scénarios multi-variables dans le contexte météorologique marin, grâce à l'analyse de séries d'événements passés comportant de nombreuses variables environnementales, réalisée grâce à l'application de techniques de clustering. Pour le Port de La Spezia, 25 scénarios de météo marine représentatifs de la variabilité climatique du site ont été sélectionnés et ont ensuite été utilisés pour simuler la dynamique de la dispersion des polluants dans les eaux portuaires.

2.1 Monitoraggio delle correnti marine / Surveillance des courants marins



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale ha partecipato al monitoraggio delle acque portuali spezzine grazie all'installazione di un correntometro fisso e del relativo sistema per la trasmissione e l'elaborazione dei dati. La strumentazione è stata installata presso la bocca di levante della diga foranea in ingresso al Porto della Spezia. Il correntometro è alloggiato all'interno di una struttura troncoconica di polietilene lineare denominata "barnacle" e posto sul fondale ad una profondità di 11 m. Attualmente il sistema è configurato in modalità Self Contained, che include il sistema di alimentazione e di conservazione dei dati. La trasmissione a terra avviene in modalità manuale attraverso connessione fisica dello strumento con sistema di archiviazione esterno. Il sistema include i software necessari per la misura dei dati correntometrici e la predisposizione per l'analisi dei dati ondometrici.



L'Autorité portuaire de la mer Ligure orientale a participé à la surveillance des eaux portuaires de La Spezia en installant un courantomètre fixe et le système connexe de transmission et de traitement des données. L'instrumentation a été installée à l'embouchure orientale du brise-lames, à l'entrée du Port de La Spezia. Le courantomètre est logé à l'intérieur d'une structure linéaire tronconique en polyéthylène appelée "barnacle" et est placé sur le fond marin à 11 m de profondeur.



Interreg

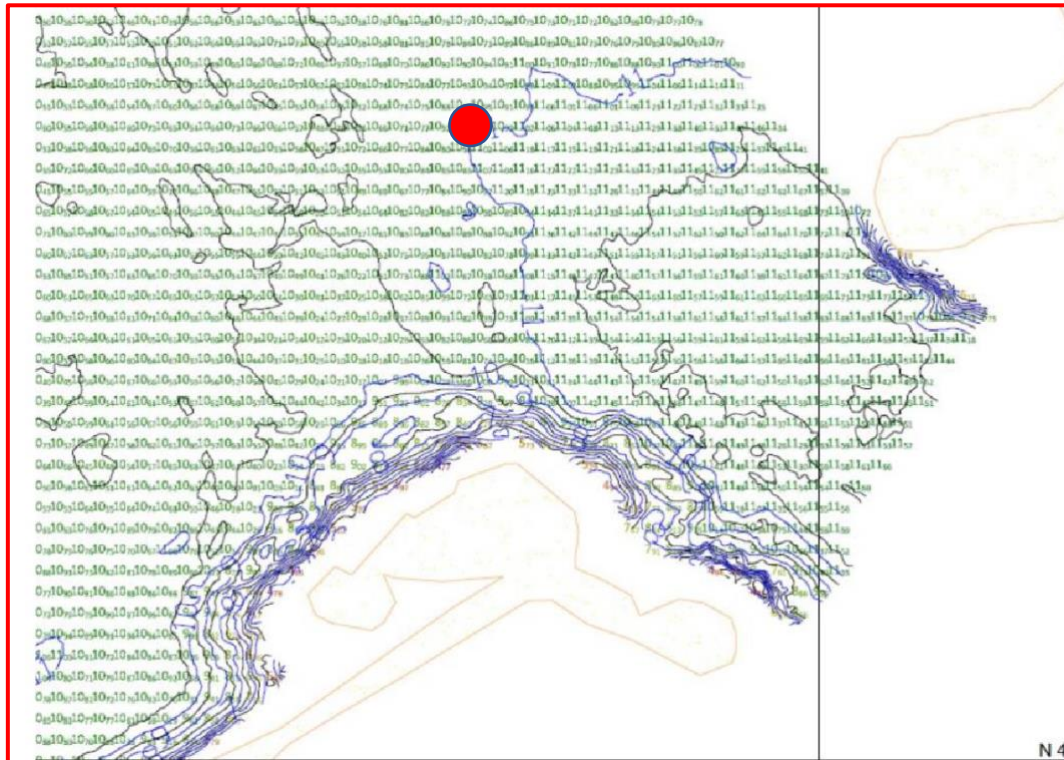


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Output T2.1

Le système est actuellement configuré en mode autonome comprenant une alimentation électrique et un système de stockage de données. La transmission à terre se fait en mode manuel par la connexion physique de l'instrument avec un système de stockage externe. Le système comprend le logiciel nécessaire à la mesure des données de courant et prévoit l'analyse des données de vagues.



■ ■ Posizione del correntometro nel Porto di la Spezia.

■ ■ Emplacement du compteur de courant dans le port de la Spezia.



■ ■ Correntometro acustico TELEDYNE ADCP serie V20 Self Contained & Real Time.

■ ■ TELEDYNE ADCP courantomètre acoustique série V20 Autonome et temps réel.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée

2.2 Sedimenti e mitili / Sediments et moules





Le attività di monitoraggio nel sito di La Spezia sono state eseguite dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale in collaborazione con l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure, utilizzando il gommone dell'Agenzia. Tutte le attività di monitoraggio sono state inoltre svolte in collaborazione con il progetto Interreg Marittimo Se.D.Ri.Port. Nella Rada di La Spezia sono state individuate 4 stazioni, presso le quali è avvenuto sia il prelievo dei sedimenti per l'esecuzione di analisi chimico fisiche ed ecotossicologiche, sia il mussel watch per le indagini di bioaccumulo ed i test sui biomarkers.



Les activités de surveillance sur le site de La Spezia ont été réalisées par l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale en collaboration avec l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure, en utilisant le bateau pneumatique de l'Agenzia. Toutes les activités de surveillance ont également été réalisées en collaboration avec le projet Interreg Maritime Se.D.Ri.Port. Dans la Rade de La Spezia, 4 stations ont été identifiées, dans lesquelles ont été réalisés à la fois des prélèvements de sédiments pour des analyses physico-chimiques et écotoxicologiques et des observations de moules pour des enquêtes de bioaccumulation et des tests de biomarqueurs.



 Prelievo di sedimenti mediante benna Van Veen (a sinistra) e recupero dei mitili presso la stazione di Santa Teresa (a destra).



 Prélèvement des sédiments avec une benne Van Veen (à gauche) et récupération des moules à la station de Santa Teresa (à droite).



Le concentrazioni degli elementi in tracce misurate nei sedimenti prelevati nelle quattro stazioni indagate sono state confrontate con i Livelli chimici (L1 e L2) di riferimento nazionali italiani (Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali dell’Allegato tecnico al D.M. 173/2016). Tutti i metalli indagati, ad eccezione del cadmio, sono risultati superiori a L1 in quasi tutte le stazioni (soltanto per il mercurio nella stazione di Molo Garibaldi la concentrazione è risultata inferiore ad L1), in entrambe le campagne. Le concentrazioni di zinco e rame sono risultate superiori anche ad L2.



Les concentrations en métaux traces mesurées dans les sédiments prélevés dans les quatre stations ont été comparées aux niveaux chimiques de référence nationaux italiens (L1 et L2) (Tableau 2.5 - Niveaux chimiques de référence nationaux de l’annexe technique du décret ministériel 173/2016). Tous les métaux étudiés, à l’exception du cadmium, sont supérieurs à L1 dans presque toutes les stations (la concentration est inférieure à L1 seulement pour le mercure dans la station Molo Garibaldi), et pour les deux campagnes. Les concentrations de zinc et de cuivre étaient également supérieures à celles de L2.

 Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei sedimenti prelevati nel Porto di La Spezia (mg/kg s.s). In giallo sono state colorate le concentrazioni superiori a L1, mentre in rosso quelle superiori a L2.
 Concentrations en métaux traces mesurées dans les sédiments prélevés dans le Port de La Spezia (mg/kg pc). Les concentrations supérieures à L1 ont été colorées en jaune, et celles supérieures à L2 en rouge.

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
II 14/05/2019	Molo Garibaldi <i>Molo Garibaldi</i>	23.74	0.08	92.39	62.71	0.27	59.14	41.58	652.34
	Cadimare <i>Cadimare</i>	23.93	0.14	101.69	124.63	2.28	63.84	182.46	441.97
	Centro Rada <i>Centre de Rade</i>	24.69	0.07	128.42	56.75	0.45	90.35	57.88	214.98
	Santa Teresa <i>Santa Teresa</i>	12.32	0.11	99.82	40.93	0.36	76.24	100.83	234.77
III 18/10/2019	Molo Garibaldi <i>Molo Garibaldi</i>	15.82	0.15	73.66	64.43	0.26	55.13	62.65	894.70
	Cadimare <i>Cadimare</i>	13.78	0.10	92.42	81.41	1.07	72.23	102.90	360.20
	Centro Rada <i>Centre de Rade</i>	15.39	0.09	105.80	56.66	0.47	84.11	89.06	219.60
	Santa Teresa <i>Santa Teresa</i>	14.79	0.09	113.00	58.71	0.47	85.89	86.07	221.40





I mitili prelevati dagli impianti spezzini sono stati immersi in mare racchiusi nelle reti utilizzate comunemente per il loro commercio. Per una maggior completezza di informazione sono stati anche capitalizzati i risultati della campagna di monitoraggio condotta nel mese di dicembre 2017 nell'ambito del progetto Se.D.Ri.Port. La stazione di Santa Teresa è stata inserita appositamente per il progetto GEREMIA al fine di verificare l'eventuale presenza di un gradiente dall'area del porto commerciale, più impattata, all'area più esterna. In generale, non sono emerse evidenti differenze tra le concentrazioni misurate nelle 4 stazioni, salvo alcuni casi particolari. Si cita a titolo di esempio un significativo incremento rispetto al tempo zero di arsenico e cromo nei mitili posizionati a Molo Garibaldi e Cadimare e di zinco, in tutte e tre le stazioni, nella prima campagna. Le concentrazioni misurate nei mitili posizionati a Santa Teresa sono in linea con quelle misurate nelle altre tre stazioni di monitoraggio.



Les moules prélevées dans les fermes de La Spezia ont été immergées dans la mer, enfermées dans les filets couramment utilisés pour leur commerce. Pour une plus grande exhaustivité des informations, les résultats de la campagne de surveillance menée en décembre 2017 dans le cadre du projet Se.D.Ri.Port ont également été capitalisés. La station de Santa Teresa a été incluse spécifiquement pour le projet GEREMIA afin de vérifier la présence éventuelle d'un gradient de la zone la plus touchée du port commercial vers la zone la plus éloignée. En général, aucune différence claire n'est apparue entre les concentrations mesurées dans les 4 stations, à l'exception de quelques cas particuliers. Par exemple, on a constaté une augmentation significative des concentrations d'arsenic et de chrome dans les moules à Molo Garibaldi et Cadimare par rapport au temps zéro, et des concentrations de zinc dans les trois stations lors de la première campagne. Les concentrations mesurées dans les moules situées à Santa Teresa sont similaires à celles mesurées dans les trois autres stations de surveillance.



-  Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei mitili trapiantati nel Porto di La Spezia (mg/kg s.s).
 Concentrations en métaux traces mesurées dans les moules transplantées dans le Port de La Spezia (mg/kg pc).

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I 16/01/2019	Tempo zero <i>Temps zéro</i>	9.76	0.400	2.21	7.22	0.08	2.02	5.23	132.38
	Molo Fornelli <i>Molo Fornelli</i>	7.40	0.580	3.26	12.66	0.13	2.85	6.41	381.12
	Molo Garibaldi <i>Molo Garibaldi</i>	16.88	0.624	5.06	7.47	0.13	2.39	5.57	250.03
	Cadimare <i>Cadimare</i>	17.61	0.695	6.28	10.53	0.22	2.79	6.14	236.63
II 18/06/2019	Tempo zero <i>Temps zéro</i>	21.58	0.445	3.36	7.16	0.17	2.35	5.47	329.28
	Molo Fornelli <i>Molo Fornelli</i>	16.06	0.266	1.71	7.39	0.11	1.14	3.14	370.53
	Molo Garibaldi <i>Molo Garibaldi</i>	9.88	0.250	1.94	5.39	0.10	1.55	2.31	273.26
	Cadimare <i>Cadimare</i>	9.62	0.435	1.50	9.97	0.20	1.47	4.97	294.76
	Santa Teresa <i>Santa Teresa</i>	9.96	0.417	2.51	5.58	0.14	2.09	4.27	192.41
III 19/11/2019	Tempo zero <i>Temps zéro</i>	14.73	0.277	3.00	7.10	0.09	2.87	4.13	282.17
	Molo Garibaldi <i>Molo Garibaldi</i>	15.43	0.285	2.08	8.40	0.07	3.13	3.05	330.80
	Cadimare <i>Cadimare</i>	16.78	0.390	2.20	12.23	0.16	2.78	6.43	275.25
	Santa Teresa <i>Santa Teresa</i>	16.12	0.410	2.17	6.68	0.13	2.85	5.68	213.08

2.3 Modelli di circolazione numerica / Les modèles de circulation numérique



Lo studio della circolazione marina e dell'idrodinamica del processo di dispersione di inquinanti ha utilizzato come input gli scenari climatologici selezionati con il clustering. Per tale obiettivo si è impiegato DELFT 3D, una suite di software unica e completamente integrata per un approccio multidisciplinare. In particolare, è stato utilizzato il modulo FLOW che ha permesso di simulare l'idrodinamica multidimensionale, calcolando il flusso non stazionario e i fenomeni di trasporto che risultano dalla forzatura delle maree e della meteorologia su griglia rettilinea o curvilinea.

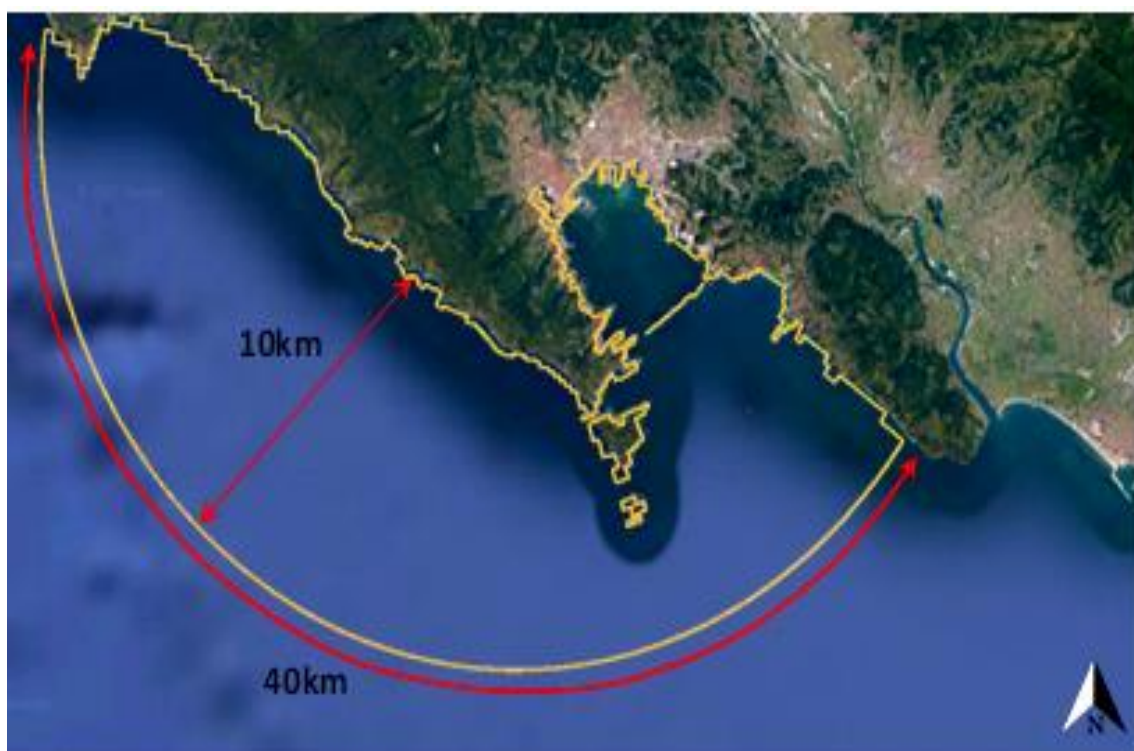
L'applicazione di tali modelli ha permesso di simulare l'evoluzione della dispersione di un inquinante in funzione delle condizioni climatiche imposte come input. Si è ottenuta



quindi l'evoluzione della velocità orizzontale che si genera sulla superficie del dominio e l'evoluzione della concentrazione di inquinante.

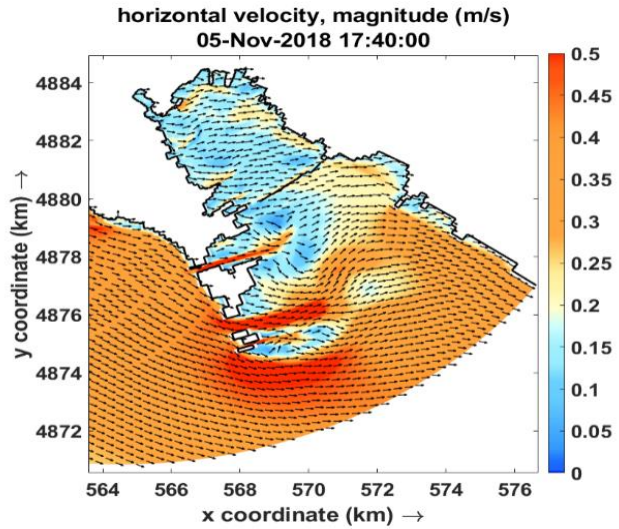
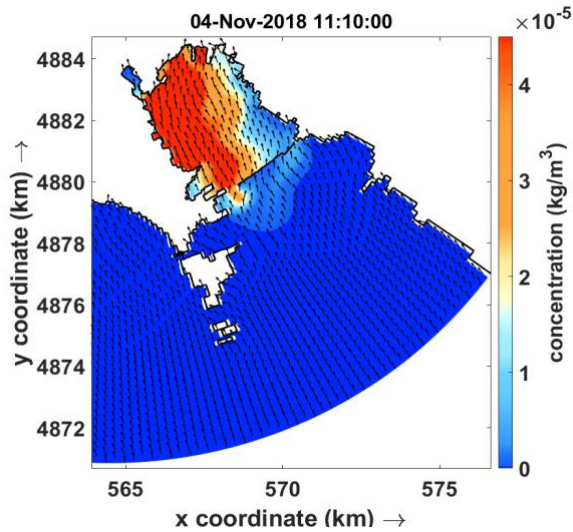


L'étude de la circulation marine et de l'hydrodynamique du processus de dispersion des polluants a utilisé en entrée les scénarios climatologiques sélectionnés lors du clustering. A cette fin, DELFT 3D, une suite logicielle unique et totalement intégrée pour une approche multidisciplinaire, a été utilisée. En particulier, le module FLOW a été utilisé pour simuler l'hydrodynamique multidimensionnelle, en calculant les phénomènes d'écoulement et de transport non stationnaires résultant du forçage des marées et de la météorologie sur une grille rectiligne ou curviligne.

L'application de ces modèles a permis de simuler l'évolution de la dispersion d'un polluant en fonction des conditions climatiques imposées en entrée. L'évolution de la vitesse horizontale générée à la surface du domaine et l'évolution de la concentration en polluants ont ainsi été définies.



-  Dominio di studio per l'area portuale di La Spezia.
-  Domaine d'étude de la zone portuaire de La Spezia.



- Istantanee di evoluzione della concentrazione di inquinante (a sinistra) e di distribuzione della velocità superficiale (a destra) per lo scenario n° 14
- Instantanés de l'évolution de la concentration de polluants (à gauche) et de la distribution de la vitesse de surface (à droite) pour le scénario no. 14

3 - Porto di Tolone / Port de Toulon



Le attività di monitoraggio delle acque del Porto di Tolone hanno previsto la realizzazione di 2 campagne durante le quali sono stati campionati, analizzati e studiati la colonna d'acqua ed i sedimenti di fondo al fine di indagare lo stato di salute dell'ambiente marino portuale. Per quanto riguarda la colonna d'acqua, particolare attenzione è stata riposta sullo studio della presenza e del comportamento del rame.



Les activités de surveillance de l'eau dans le Port de Toulon ont consisté en deux campagnes au cours desquelles la colonne d'eau et les sédiments de fond ont été échantillonnés, analysés et étudiés afin de comprendre l'état de santé de l'environnement marin du port. En ce qui concerne la colonne d'eau, une attention particulière a été accordée à l'étude de la présence et du comportement du cuivre.

3.1 Colonna d'acqua - Colonne d'eau

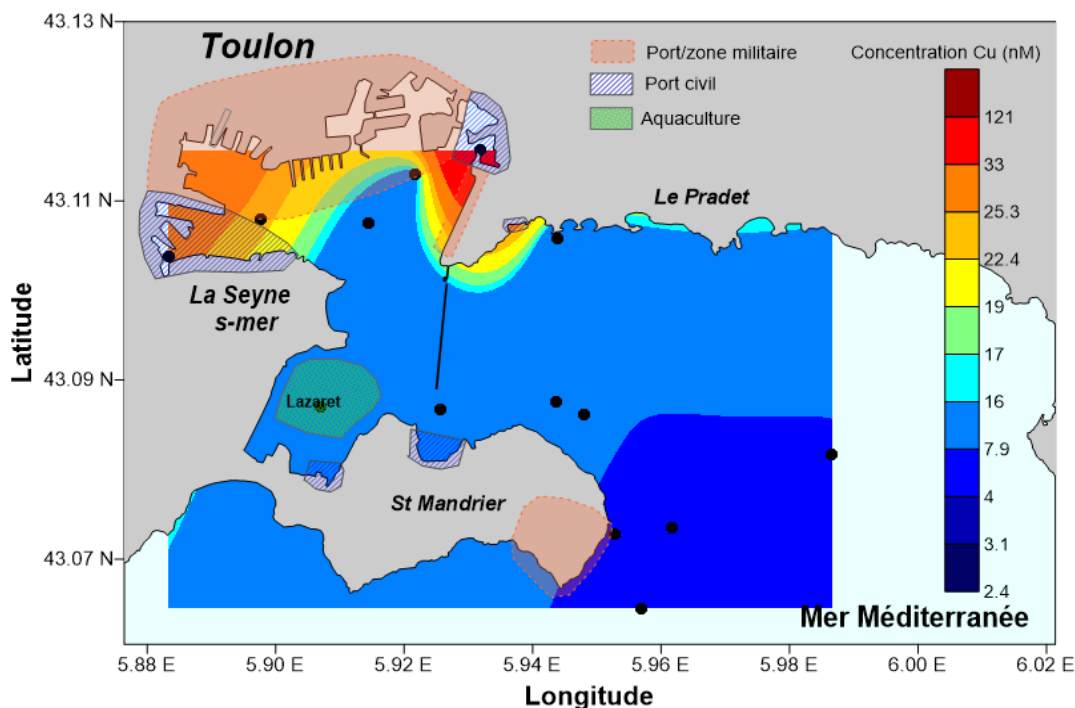




I laboratori MIO (Institut Méditerranéen d'Océanologie) e MAPIEM (Matériaux Polymères Interfaces Environnement Marin) dell'Università di Tolone sono coinvolti da molti anni nella determinazione della qualità delle acque del porto di Tolone.

Nell'ambito del Progetto GEREMIA, il laboratorio MIO ha monitorato le concentrazioni di rame nella piccola e nella grande rada di Tolone. È stata documentata una maggiore contaminazione delle aree portuali. La fonte è l'uso di vernici antivegetative, contenenti rame e zinco come biocidi attivi.



Les laboratoires MIO (Institut Méditerranéen d'Océanologie) et MAPIEM (Matériaux Polymères Interfaces Environnement Marin) de l'Université de Toulon sont partie prenante depuis de nombreuses années dans la détermination de la qualité des eaux du Port de Toulon. Dans le cadre du projet GEREMIA, le laboratoire MIO a réalisé un suivi des concentrations en cuivre dans la petite et dans la grande rada de Toulon. Une contamination accrue des zones portuaires a été mise en évidence. La source mise en cause est l'utilisation de peintures antifouling, contenant du cuivre et du zinc comme biocides actifs.



-  Concentrazioni di rame nella piccola e nella grande rada di Tolone.
-  Teneur en cuivre dans la petite et la grande rada de Toulon.



Nell'ambito di GEREMIA, sono stati condotti esperimenti per monitorare il rame rilasciato da diversi tipi di vernice antivegetativa. Per i 3 tipi di vernice studiati (vernici

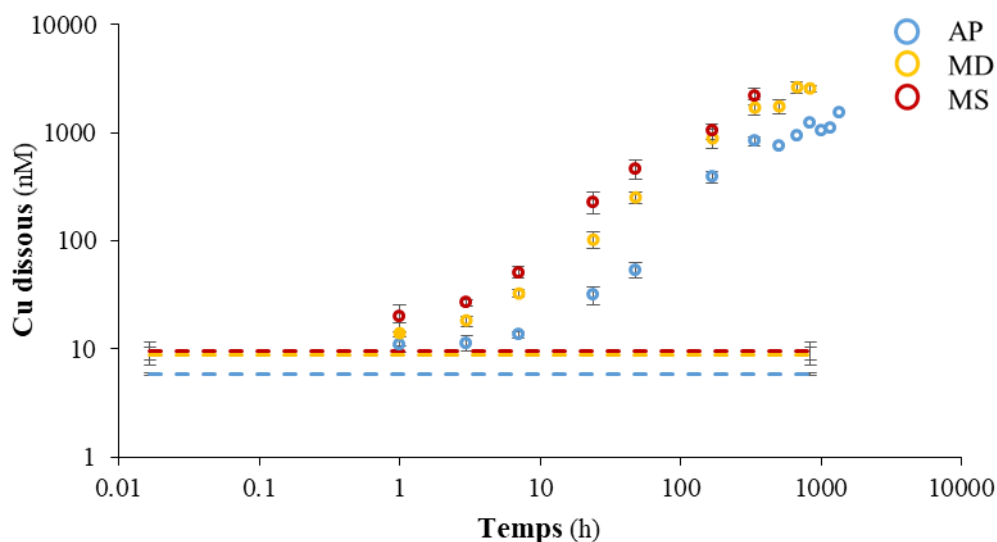
autolucidanti -SP, a matrice dura - HM, e a matrice solubile - SM), il rilascio è importante, portando ad un rapido e conseguente arricchimento dell'acqua (articolo in preparazione).


Sono stati sviluppati anche sensori specifici per il rame, allo scopo di ampliare la gamma di sensori disponibili per le misurazioni in situ. Il laboratorio MAPIEM ha una lunga esperienza nel campo dei polimeri impressi, matrici sintetizzate per promuovere una maggiore selettività. Così, i polimeri a impronta ionica specifici per il rame sono stati sviluppati dopo l'ottimizzazione dei diversi passaggi di sintesi. I solidi ottenuti sono stati caratterizzati, sia in termini di proprietà strutturali che di capacità di rilevamento del rame. Avendo dimostrato la loro efficienza e selettività, i polimeri sono ora incorporati in un sistema di elettrodi. Questo passo promettente è ancora in fase di ottimizzazione.




Dans le cadre de GEREMIA, des expériences de suivi du cuivre relargué par différents types de peinture antifouling a été réalisée. Pour les 3 types de peintures étudiés (peinture Autopolissante - AP, à matrice dure - MD, et à matrice soluble - MS), le relargage est important, entraînant un enrichissement rapide et conséquent de l'eau (article en préparation).

Des capteurs spécifiques au cuivre ont également été développés, dans le but d'élargir le panel de capteurs disponibles pour des mesures in situ. Le laboratoire MAPIEM possède une longue expérience dans le domaine des polymères à empreintes, des matrices synthétisées pour promouvoir une sélectivité accrue. Ainsi, des polymères à empreintes ioniques spécifiques au cuivre ont été développés après optimisation des différentes étapes de synthèse. Les solides obtenus ont été caractérisés, tant en ce qui concerne leurs propriétés structurales que leurs capacités de détection du cuivre. Ayant démontré leur efficacité et leur sélectivité, les polymères sont maintenant incorporés dans un système d'électrodes. Cette étape prometteuse est encore en cours d'optimisation.




 Contenuto di rame rilasciato dalle vernici autolucidanti (SP), a matrice dura (HM) e a matrice solubile (SM), i 3 tipi più comuni di vernici antivegetative. Le linee tratteggiate rappresentano il contenuto iniziale di rame nell'acqua di mare (Dignan et al., 2021).


 Teneur en cuivre relargué par une peinture Autopolissante (AP), à matrice dure (MD) et à matrice soluble (MS), les 3 types de peintures antifouling les plus courants. Les pointillés représentent la teneur initiale en cuivre dans l'eau de mer (Dignan et al., 2021).



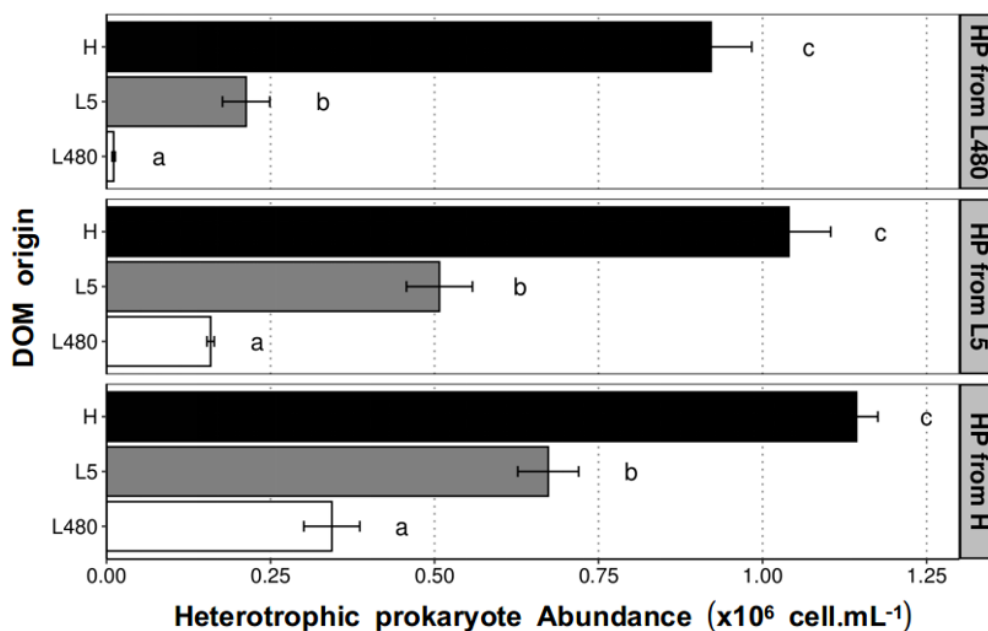
L'interesse è stato anche concentrato sulla circolazione nella zona, per capire come e dove le acque portuali, arricchite di rame, potessero influenzare gli ecosistemi adiacenti. È stato possibile identificare una circolazione di masse d'acqua strettamente legata alla natura del vento, con i venti dominanti nell'area di studio che sono il Maestrale e il vento dell'Est.


Poiché il rame è fortemente legato alla materia organica e la materia organica è la principale fonte di energia e di respirazione per i primi legami trofici, si è studiato come questa materia organica costiera sia assorbita dai microrganismi. Esperimenti di laboratorio hanno dimostrato che la materia organica delle aree portuali è meglio assimilata dai microrganismi, risultando in un'abbondanza significativamente più alta che nelle altre condizioni testate.




L'intérêt a également été porté sur la circulation dans la zone, afin de comprendre comment et où les eaux portuaires enrichies en cuivre pouvaient influencer les écosystèmes adjacents. Il a été possible de mettre en évidence une circulation des masses d'eaux étroitement liée à la nature du vent, les vents dominants dans la zone d'étude étant le mistral et le vent d'Est.

Le cuivre étant fortement lié à la matière organique, et celle-ci étant la source principale d'énergie et de respiration pour les premiers maillons trophiques, on a étudié comment cette matière organique côtière est prise en charge par les microorganismes. Les expériences menées en laboratoire ont ainsi permis de démontrer que la matière organique issue des zones portuaires était mieux assimilée par les microorganismes, entraînant une abondance significativement plus élevée que dans les autres conditions testées.



 Abbondanza di procarioti eterotrofi in funzione della materia organica disponibile. I procarioti provengono da 3 zone distinte, tra cui il porto di Tolone (H sul grafico). La materia organica proviene da 3 zone diverse, tra cui il porto di Tolone (H sul grafico). Le barre di errore rappresentano la deviazione standard tra i replicati.

 Abondance des procaryotes hétérotrophes en fonction de la matière organique mise à disposition. Les procaryotes proviennent de 3 zones distinctes, dont le port de Toulon (H sur le graphique). Les matières organiques proviennent de 3 zones distinctes, dont le port de Toulon (H sur le graphique). Les barres d'erreur représentent la déviation standard entre réplicats.

3.2 Sedimenti - Sediments







Le campagne di monitoraggio sono state eseguite, in collaborazione con il progetto Interreg Marittimo Se.D.Ri.Port., nei mesi di febbraio ed ottobre 2019. Le stazioni di prelievo dei sedimenti sono state posizionate secondo un gradiente, dalla zona più interna del porto (Terminal traghetti Corsica Ferries) all'area esterna, dove sono

presenti gli impianti di mitilicoltura (Lazaret). Le attività sono state eseguite grazie al supporto logistico della Marina Militare presente a Tolone.



Les campagnes de surveillance ont été réalisées, en collaboration avec le projet Interreg Maritime Se.D.Ri.Port, en février et octobre 2019. Les stations d'échantillonnage des sédiments ont été positionnées selon un gradient, de la zone la plus intérieure du port (Corsica Ferries Terminal) à la zone extérieure, où se trouvent les fermes mytilicoles (Lazaret). Les activités ont été réalisées grâce au soutien logistique de la Marine nationale présente à Toulon.



  Campionamento del sedimento nel Porto di Tolone.
  Prélèvement de sédiments dans le port de Toulon.





Le concentrazioni dei metalli misurate nei sedimenti prelevati nelle tre stazioni indagate sono state confrontate con i Livelli chimici (L1 e L2) di riferimento nazionali italiani (Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali dell'Allegato tecnico al D.M. 173/2016). Dall'osservazione dei dati risulta evidente una significativa contaminazione dei sedimenti prelevati dai fondali in corrispondenza del Terminal traghetti, per cui i valori di arsenico, rame, mercurio, piombo e zinco sono sempre risultati superiori a L2.

Si segnala inoltre una significativa presenza di arsenico nella stazione effettuata presso gli impianti di mitilicoltura. Le concentrazioni di cadmio, nichel e cromo (ad eccezione del campione prelevato presso il Terminal traghetti nella prima campagna) sono invece risultate sempre inferiori ai valori di riferimento nazionali italiani.



Les concentrations en métaux mesurées dans les sédiments prélevés dans les trois stations étudiées ont été comparées aux niveaux chimiques de référence nationaux italiens (L1 et L2) (Tableau 2.5 - Niveaux chimiques de référence nationaux de l'annexe technique du décret ministériel 173/2016). L'observation des données montre une contamination importante des sédiments prélevés dans les fonds marins de la gare maritime : les valeurs d'arsenic, de cuivre, de mercure, de plomb et de zinc étant toujours supérieures à L2. Il y avait également une présence significative d'arsenic dans la station de moules. En revanche, les concentrations de cadmium, de nickel et de chrome (à l'exception de l'échantillon prélevé à la gare maritime lors de la première campagne) étaient toujours inférieures aux valeurs de référence nationales italiennes.

 Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei sedimenti prelevati nel porto di Tolone (mg/kg s.s). In giallo sono rappresentate le concentrazioni superiori al limite L1, in rosso quelle superiori al limite L2.

 Concentrations en éléments traces mesurées dans les sédiments prélevés dans le port de Toulon (mg/kg pc). Les concentrations supérieures à la limite L1 sont indiquées en jaune, les concentrations supérieures à la limite L2 en rouge.

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I 08/02/2019	Terminal traghett Terminal de ferry	39.23	0.19	52.23	462.90	9.85	25.48	195.08	415.38
	Tour Royale Tour Royale	5.56	0.01	13.61	20.15	0.77	10.28	25.00	58.57
	Impianti di mitilicoltura Fermes mytilicoles	21.53	0.05	27.62	34.58	0.71	15.73	48.59	121.49
II 17/10/2019	Terminal traghett Terminal de ferry	37.74	0.18	43.30	384.80	8.71	20.38	197.90	342.00
	Tour Royale Tour Royale	13.23	0.08	14.70	40.20	1.40	10.44	67.80	82.90
	Impianti di mitilicoltura Fermes mytilicoles	17.80	0.04	25.40	30.80	0.59	13.83	46.30	68.10

4 – Porto di Olbia / Port de Olbia



La qualità dell'acqua del Porto di Olbia è stata monitorata attraverso il campionamento e l'analisi di mitili, sedimento e acqua, oltreché indagini approfondite sulla dinamica delle correnti e le caratteristiche chimicofisiche della colonna d'acqua. I dati sulle masse d'acqua raccolti durante le campagne di misura hanno permesso di sviluppare all'interno del Golfo di Olbia modelli della circolazione ad alta definizione.



La surveillance de la qualité de l'eau dans le Port d'Olbia a été réalisée à travers l'échantillonnage et l'analyse de moules, de sédiments et d'eau, ainsi qu'à travers des études approfondies de la dynamique des courants et des caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau. Les données sur les masses d'eau recueillies lors des campagnes de mesure ont permis de développer des modèles à haute définition de la circulation dans le Golfe d'Olbia.

4.1 Correnti e caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua / Les courants et les caractéristiques physicochimiques de la colonne d'eau





L'Istituto per lo studio degli impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino (IAS-CNR) ha realizzato 4 campagne di misura delle correnti superficiali del Porto di Olbia mediante lancio di boe lagrangiane (drifter) SouthTEK Sensing Technologies S.A.. I dati sono stati trasmessi tramite GSM ad alta frequenza e scaricati dal portale <https://ldmanager.southteksl.com>. Sono stati effettuati 13 lanci in 5 giorni, compresi tra settembre 2019 e maggio 2020, ottenendo misure superficiali della corrente all'interno del Porto di Olbia.



L'Istituto per lo studio degli impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino (IAS-CNR) a réalisé 4 campagnes de mesure des courants de surface dans le Port d'Olbia en lançant des bouées lagrangiennes (drifter) SouthTEK Sensing Technologies S.A. Les données ont été transmises par GSM à haute fréquence et téléchargées sur le portail <https://ldmanager.southteksl.com>. Treize lancements ont été effectués sur 5 jours entre septembre 2019 et mai 2020 et ont permis d'obtenir des mesures de surface du courant dans le Port d'Olbia.



-  Lancio di un drifter e i 13 tracciati effettuati all'interno del Porto di Olbia.
-  La mise à l'eau d'un drifter et les 13 traces réalisées à l'intérieur du Port d'Olbia.







Misure puntuali di corrente all'interno del Porto di Olbia sono state acquisite grazie all'installazione di un correntometro acustico profilante ad affetto Doppler (ADCP), così come previsto dalla Rete di Monitoraggio di GEREMIA. L'ADCP utilizzato è un NORTEK Aquadopp 1000 (1 MHz), con range massimo di misura di 20 m. Lo strumento è stato installato a 7.5 m di profondità, su un supporto di calcestruzzo. L'ADCP è stato posizionato nei pressi del canale di accesso al porto il 14 luglio 2020 e periodicamente ispezionato per pulizia, scaricamento dati e cambio batterie.



Des mesures ponctuelles de courant à l'intérieur du Port d'Olbia ont été acquises grâce à l'installation d'un courantomètre Doppler à profilage acoustique (ADCP), comme prévu par le réseau de surveillance GEREMIA. L'ADCP utilisé est un NORTEK Aquadopp 1000 (1 MHz) avec une portée de mesure maximale de 20 m. L'instrument a été installé à une profondeur de 7,5 m sur un support de béton. L'ADCP a été positionné près du canal d'accès au port le 14 juillet 2020 et contrôlé périodiquement pour le nettoyage, le téléchargement des données et le changement de batterie.





 Il correntometro montato sulla struttura di sostegno (sinistra) e in acqua (destra)

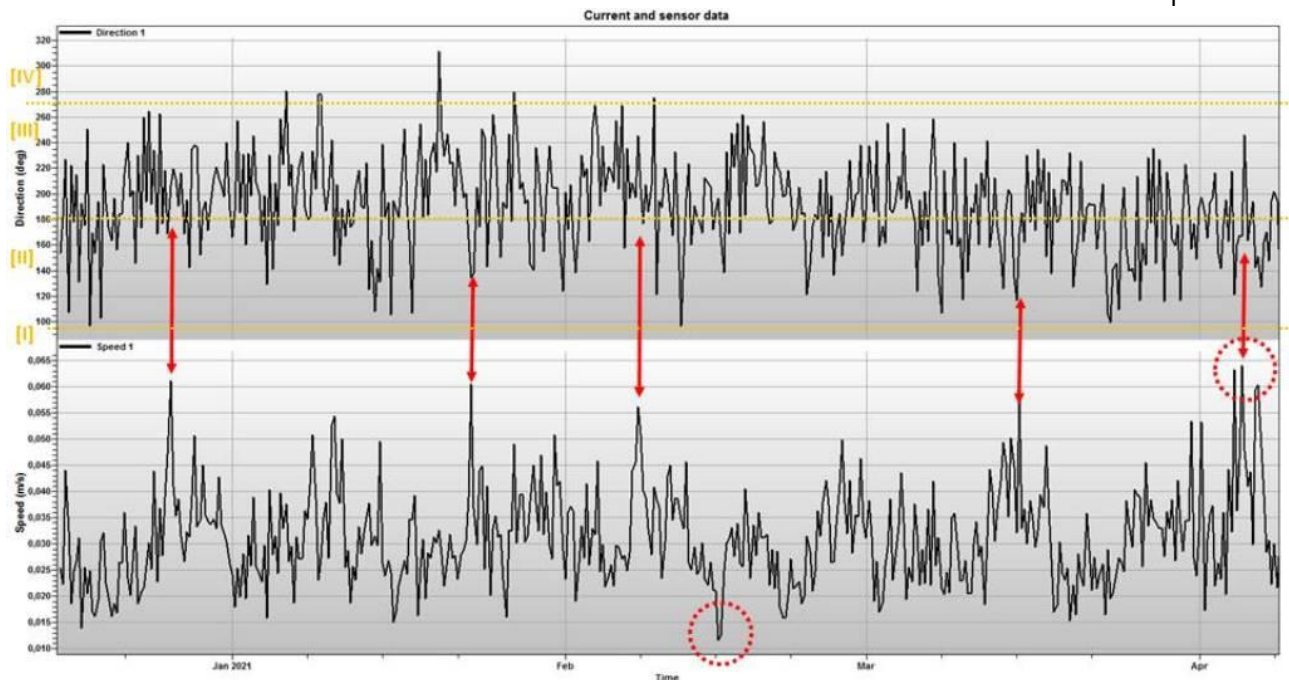


 Le compteur de courant monté sur la structure de support (à gauche) et dans l'eau (à droite)





Le velocità delle correnti misurate durante il progetto sono risultate relativamente basse, comprese tra 1.2 cm/s con direzione 150° (verso SE), misurata il 15 febbraio 2021, e 6.4 cm/s con direzione 250° (verso SW), misurata il 04 aprile 2021. Il 90% delle correnti misurate, tra cui le maggiori velocità (> 6.0 cm/s), hanno mostrato direzioni tra i 90° e i 270°, quindi dirette ai settori meridionali (SE e SW). Solo 5 eventi hanno avuto direzione verso NW, con velocità inferiori ai 3.5 cm/s.



Les vitesses de courant mesurées pendant le projet étaient relativement faibles et allaient de 1,2 cm/s avec une direction de 150° (vers le SE), mesurée le 15 février 2021, à 6,4 cm/s avec une direction de 250° (vers le SW), mesurée le 04 avril 2021. 90% des courants mesurés, y compris les vitesses les plus élevées (> 6,0 cm/s), présentaient des directions comprises entre 90° et 270° et étaient donc dirigés vers les secteurs sud (SE et SW). Seuls 5 événements étaient dirigés vers le nord-ouest avec des vitesses inférieures à 3,5 cm/s.




 Velocità (sotto) e direzione (sopra) della corrente misurate tra dicembre 2020 e aprile 2021. Le frecce rosse indicano le correnti superiori ai 6.0 cm/s; i cerchi rossi tratteggiati mostrano i due eventi con i valori minimo e massimo di velocità della corrente


 Vitesse (en bas) et direction (en haut) du courant mesuré entre décembre 2020 et avril 2021. Les flèches rouges indiquent les courants supérieurs à 6,0 cm/s ; les cercles rouges en pointillés montrent les deux événements avec les valeurs minimales et maximales de la vitesse du courant.

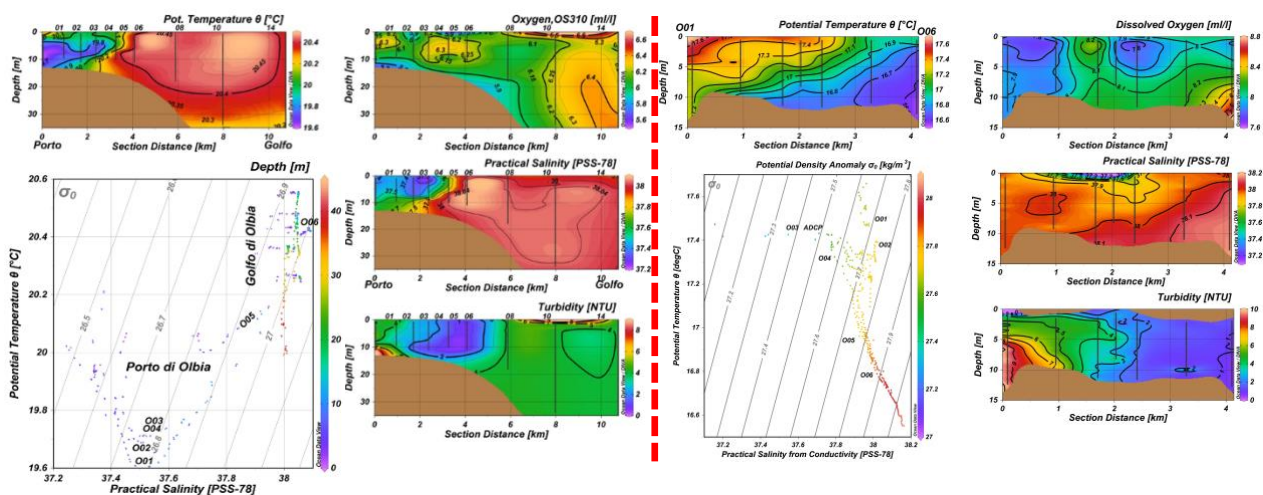


Sono state effettuate 4 campagne idrologiche di misura mediante sonda multiparametrica (CTD) all'interno del Porto e nel Golfo di Olbia, tra ottobre 2020 e maggio 2021. Le misure sono state realizzate con diverse sonde multiparametriche (Campbell Scientific Hydrolab DataSonde 5, Idronaut OS310 e SBE911plus) e le campagne di misura hanno interessato un totale di 31 stazioni di misura. La prima campagna (Ichnussa2020), realizzata a ottobre 2020, è stata realizzata a bordo della N/O Dallaporta. I dati idrologici acquisiti hanno permesso di caratterizzare le acque presenti all'interno del porto e le differenze con quelle del Golfo di Olbia nelle diverse stagioni, permettendo di comprendere meglio la loro dinamica all'interno del porto.



4 campagnes de mesures hydrologiques à l'aide d'une sonde multiparamétrique (CTD) ont été réalisées au sein du Port et dans le Golfe d'Olbia entre octobre 2020 et mai 2021. Les mesures ont été effectuées avec différentes sondes multiparamètres (Campbell Scientific Hydrolab DataSonde 5, Idronaut OS310 et SBE911plus) et les campagnes ont impliqué un total de 31 stations de mesure. La première campagne

(Ichnussa2020), réalisée en octobre 2020, a été effectuée à bord du navire océanographique Dallaporta. Les données hydrologiques acquises ont permis de caractériser les eaux présentes à l'intérieur du port et les différences avec celles du Golfe d'Olbia en différentes saisons, permettant de mieux comprendre leur dynamique à l'intérieur du port.



Confronto fra i dati CTD acquisiti a ottobre 2020 (a sinistra) e a maggio 2021 (a destra). I transesti di ottobre 2020 coprono sia il Porto che il Golfo di Olbia, mentre quelli di maggio 2021 solo il Porto di Olbia.

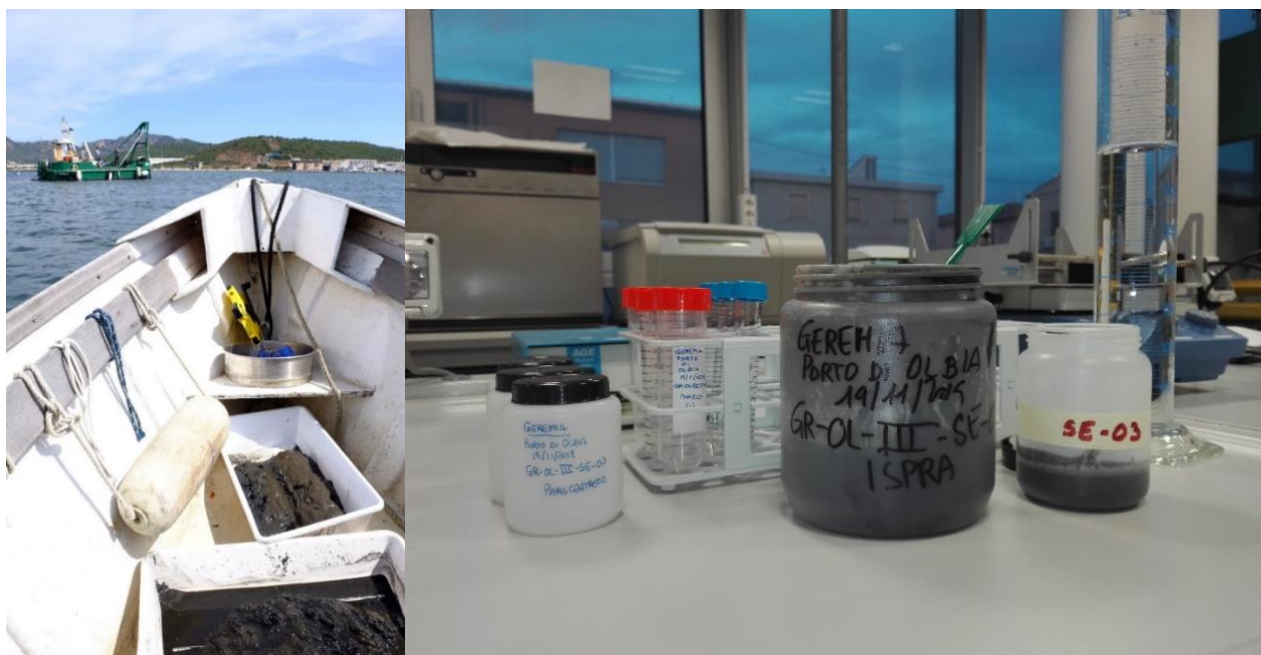
Comparaison entre les données CTD acquises en octobre 2020 (à gauche) et en mai 2021 (à droite). Les transects d'octobre 2020 couvrent à la fois le port et le golfe d'Olbia, tandis que les transects de mai 2021 couvrent uniquement le Port d'Olbia.



4.2 Sedimenti e mitili - Sédiments et moules

Nel Porto di Olbia, già sito pilota del Progetto Interreg Marittimo Se.D.Ri.Port., l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ha condotto indagini chimico fisiche ed ecotossicologiche sui sedimenti e prove di bioaccumulo e test sui biomarkers su mitili prelevati dagli impianti. Sono state definite tre stazioni, ubicate rispettivamente nell'area antistante Isola Bianca, nell'area centrale del golfo al largo della foce del Padrongianus e, come punto di controllo, nella zona più esterna, all'imboccatura del Golfo. Le campagne di prelievo dei sedimenti sono state realizzate grazie alla collaborazione con l'Autorità di Sistema Portuale del Mar di Sardegna e con IAS-CNR.

Dans le Port d'Olbia, également site pilote du projet maritime Interreg Se.D.Ri.Port., l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale a réalisé des enquêtes physico-chimiques et écotoxicologiques sur les sédiments ainsi que des tests de

bioaccumulation et des tests sur les biomarqueurs sur des moules prélevées dans les usines. Trois stations ont été définies, situées respectivement dans la zone située devant l'Isola Bianca, dans la zone centrale du golfe au large de l'embouchure du Padrongianus et, comme point de contrôle, dans la zone la plus extérieure, à l'embouchure du golfe. Les campagnes d'échantillonnage des sédiments ont été réalisées grâce à la collaboration avec l'Autorité du Système Portuaire de la Mer de Sardaigne et IAS-CNR.



 Prelievo e analisi dei sedimenti durante la campagna di maggio 2019.
 Prélèvement et analyse des sédiments lors de la campagne de mai 2019.





Le concentrazioni degli elementi in tracce misurate nei sedimenti prelevati nelle tre stazioni indagate sono state confrontate con i Livelli chimici (L1 e L2) di riferimento nazionali italiani (Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali dell'Allegato tecnico al D.M. 173/2016). Le concentrazioni sono risultate in generale piuttosto basse. Soltanto in due campioni, provenienti dall'area di Isola Bianca, le concentrazioni di arsenico e zinco sono risultate superiori ad L1.




Les concentrations en métaux traces mesurées dans les sédiments prélevés dans les trois stations ont été comparées aux niveaux chimiques de référence nationaux italiens

(L1 et L2) (Tableau 2.5 - Niveaux chimiques de référence nationaux de l'annexe technique du décret ministériel 173/2016). Les concentrations étaient généralement assez faibles. Seuls deux échantillons, provenant de la zone d'Isola Bianca, présentaient des concentrations d'arsenic et de zinc supérieures à L1.



 Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei sedimenti prelevati nel porto di Olbia (mg/kg s.s).
 Concentrations en éléments en traces mesurées dans les sédiments prélevés dans le port d'Olbia (mg/kg pc).

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I 26/06/2018	Isola Bianca Isola Bianca	5.55	0.08	17.43	26.99	0.06	10.36	21.73	119.22
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	4.61	0.07	9.11	11.11		5.12	11.83	65.95
	Imboccatura del Porto Entrée du port	6.01	0.03	13.25	6.04	0.02	7.50	10.34	47.68
II 26/06/2018	Isola Bianca Isola Bianca	16.85	0.05	19.25	24.32	0.11	9.90	18.40	99.94
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	4.35	0.05	8.96	9.26	0.09	4.42	9.86	61.50
	Imboccatura del Porto Entrée du port	10.78	0.06	11.46	5.38	0.07	5.54	4.69	48.10
III 19/11/2019	Isola Bianca Isola Bianca	6.21	0.04	8.80	10.00	0.06	4.26	11.60	51.00
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	5.00	0.08	4.40	7.80	0.07	2.59	8.70	45.00
	Imboccatura del Porto Entrée du port	9.68	0.18	15.00	22.30	0.08	7.31	16.00	76.20

 Le indagini per la valutazione del bioaccumulo dei mitili sono state condotte in collaborazione con il Progetto Interreg Marittimo Se.D.Ri.Port. Dall'analisi dei risultati non sono emerse significative differenze nelle concentrazioni misurate nelle tre diverse stazioni. Si segnalano però degli incrementi delle concentrazioni di arsenico, cadmio, rame, piombo e zinco (solo nelle due stazioni più esterne) nei campioni analizzati nella campagna invernale.



Les études visant à évaluer la bioaccumulation des moules ont été réalisées en collaboration avec le projet Maritime Interreg Se.D.Ri.Port. L'analyse des résultats n'a pas révélé de différences significatives entre les concentrations mesurées dans les trois différentes stations. Cependant, on a constaté une augmentation des concentrations d'arsenic, de cadmium, de cuivre, de plomb et de zinc (uniquement dans les deux stations les plus éloignées) dans les échantillons analysés lors de la campagne d'hiver.

-  Concentrazioni di elementi in tracce misurate nei mitili trapiantati nel porto di Olbia (mg/kg s.s).
-  Concentrations en éléments en traces mesurées dans les moules transplantées dans le port d'Olbia (mg/kg pc).

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I 26/07/2018	Tempo zero Temps zéro	10.69	0.470	0.43	3.59	0.03	0.74	0.37	85.63
	Isola Bianca Isola Bianca	5.91	0.334	0.47	2.22	0.02	0.71	0.12	102.24
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	5.35	0.655	0.74	3.63	0.04	1.27	0.26	108.18
	Imboccatura del Porto Entrée du port	6.21	0.619	0.54	1.92	0.03	0.99	0.16	140.62
II 20/02/2019	Tempo zero Temps zéro	12.79	2.136	0.46	4.63	0.04	0.36	0.83	88.05
	Isola Bianca Isola Bianca	19.74	1.933	0.76	7.33	0.05	0.73	1.42	110.06
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	16.32	1.887	0.82	6.61	0.07	0.83	1.18	326.77
	Imboccatura del Porto Entrée du port	19.20	1.938	0.67	6.03	0.05	0.66	1.35	250.17

4.3 Simulazione - Simulation

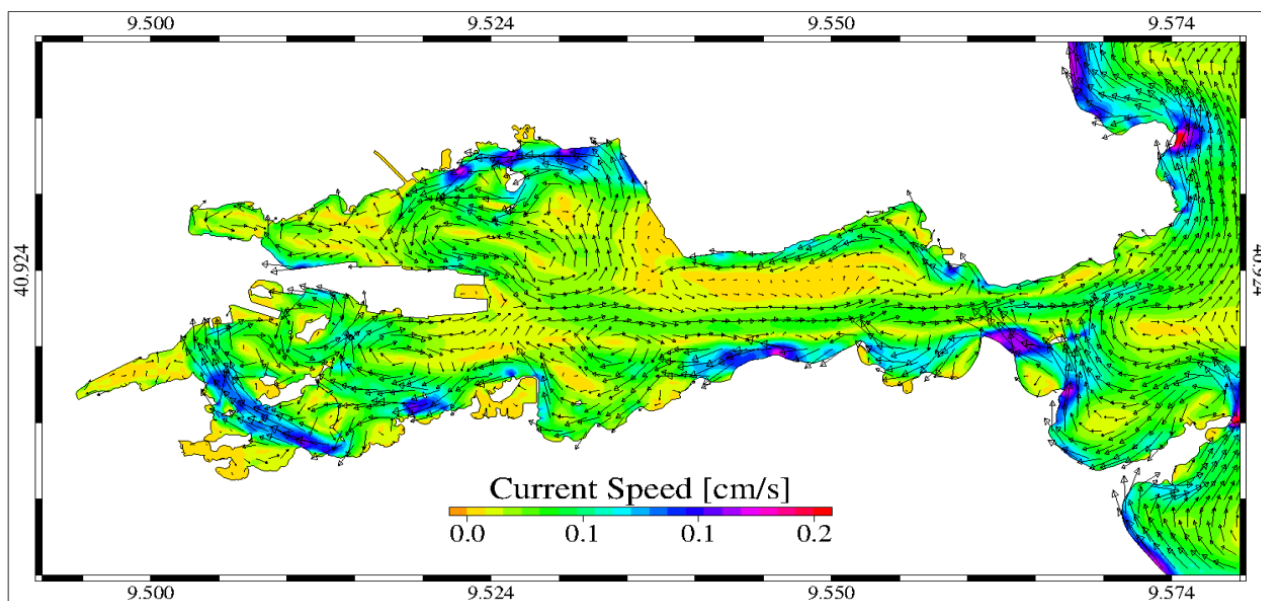




I dati sperimentali sono stati utilizzati anche per validare un modello numerico di circolazione tridimensionale ad altissima risoluzione spaziale basato su SHYFEM. Nella sua realizzazione, che copre sia il porto sia l'area esterna del Golfo di Olbia e del Mar Tirreno, sono stati utilizzati 60.000 nodi di calcolo, con una risoluzione spaziale compresa tra 20 km in mare aperto e 20 m vicino a costa. In verticale si hanno 30 z-levels 1-100 m e la batimetria utilizzata è stata ottenuta da GEBCO, carte nautiche e

rilievi. Le forzanti mareali, vento, flussi atmosferici e OBC oceanografiche sono stati presi in considerazione.



Les données expérimentales ont également été utilisées pour valider un modèle numérique de circulation tridimensionnelle à très haute résolution spatiale basé sur SHYFEM. En vue de sa réalisation, couvrant à la fois le port et la zone externe du Golfe d'Olbia et de la Mer Tyrrhénienne, 60 000 noeuds de calcul ont été utilisés avec une résolution spatiale comprise entre 20 km en pleine mer et 20 m près de la côte. Verticalement, il y a 30 niveaux z de 1 à 100 m et la bathymétrie utilisée a été obtenue à partir de GEBCO, de cartes et de relevés nautiques. Le forçage des marées, le vent, les flux atmosphériques et les OBC océanographiques ont été pris en compte.



-  Circolazione superficiale riprodotta dal modello numerico all'interno del Porto di Olbia indotta da marea e vento di grecale (70° N) con una velocità media di 7m/s.
-  Circulation de surface reproduise par le modèle numérique à l'intérieur du port d'Olbia, induite par la marée et le vent grecale (70° N) avec une vitesse moyenne de 7m/s.

5 - Monitoraggio post-lockdown / Surveillance post-confinement





A seguito del lockdown imposto dal governo italiano nella primavera 2020 per fronteggiare l'emergenza epidemiologica dovuta al COVID-19, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, in accordo con gli altri Partner, ha deciso di

effettuare 3 campagne di monitoraggio aggiuntive nei siti di La Spezia e di Olbia, per valutare, tramite prove di bioaccumulo, gli eventuali effetti sugli organismi dovuti alla drastica riduzione del traffico navale durante il periodo di lockdown. Le campagne sono state eseguite, tra la fine del mese di maggio e la fine del mese di luglio 2020.



Suite au confinement imposé par le gouvernement italien au printemps 2020 pour faire face à l'urgence épidémiologique due au COVID-19, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, en accord avec les autres partenaires, a décidé de réaliser 3 campagnes de surveillance supplémentaires sur les sites de La Spezia et d'Olbia, afin d'évaluer, par le biais de tests de bioaccumulation, les éventuels effets sur les organismes dus à la réduction drastique du trafic maritime pendant la période du confinement. Les campagnes ont été menées entre la fin du mois de mai et la fin du mois de juillet 2020.



 Il Porto di La Spezia.
 Le Port de La Spezia.



Per il sito di La Spezia, grazie alla collaborazione con la cooperativa dei mitilicoltori, i mitili sono stati prelevati direttamente dai filari, scegliendo tre aree di riferimento (due

[La cooperazione al cuore del Mediterraneo](#)
[La coopération au coeur de la Méditerranée](#)

interne alla diga e una esterna). La scelta di prelevare i mitili direttamente dagli impianti è stata determinata dalla necessità di disporre subito dopo la fine del lockdown di esemplari da analizzare, senza doverli trapiantare. I risultati delle indagini condotte durante le tre campagne post lockdown sono stati confrontati tra loro e con i dati di bioaccumulo misurati nel 2019 nella stazione posizionata in corrispondenza del molo della scuola di vela di Santa Teresa (stazione prossima agli impianti interni vicini all'imboccatura di levante).

In generale per tutti i metalli, ad eccezione dell'arsenico, si è osservata una drastica diminuzione della concentrazione nella stazione interna prossima all'imboccatura di levante rispetto ai valori misurati nella stazione di riferimento della campagna di aprile 2019. Tale diminuzione è risultata particolarmente evidente nei risultati della campagna di maggio 2020; successivamente è stato osservato un nuovo leggero incremento delle concentrazioni, che potrebbe essere associabile alla ripresa del traffico navale e delle attività portuali. Anche per quanto concerne gli IPA, nel corso delle tre campagne del 2020 si è verificata una costante diminuzione delle concentrazioni della sommatoria totale, testimonianza di una reale diminuzione della presenza di tali contaminati nelle acque della Rada di La Spezia.



Pour le site de La Spezia, grâce à la collaboration de la coopérative des mytiliculteurs, les moules ont été prélevées directement dans les filières, en choisissant trois zones de référence (deux à l'intérieur de la digue et une à l'extérieur). La décision de prélever les moules directement dans les élevages a été déterminée par la nécessité de disposer de spécimens à analyser immédiatement après la fin du confinement, sans avoir à les transplanter. Les résultats des analyses effectuées au cours des trois campagnes postconfinement ont été comparés entre eux et avec les données de bioaccumulation mesurées en 2019 à la station située sur le quai de l'école de voile de Santa Teresa (station proche des élevages internes près de l'entrée Est).

En général, pour tous les métaux, à l'exception de l'arsenic, une diminution drastique de la concentration a été observée à la station intérieure près de l'entrée Est par rapport aux valeurs mesurées à la station de référence lors de la campagne d'avril 2019. Cette diminution était particulièrement évidente dans les résultats de la campagne de mai 2020 ; par la suite, une nouvelle légère augmentation des concentrations a été observée, qui pourrait être associée à la reprise du trafic maritime et des activités portuaires. En ce qui concerne les HAP également, on a constaté une diminution constante des concentrations de la somme totale au cours des trois campagnes 2020,

ce qui indique une réelle diminution de la présence de ces contaminants dans les eaux de la Rade de La Spezia.

■ ■ Concentrazioni di elementi in tracce (mg/kg s.s) ed IPA totali (µg/kg s.s.) misurate nei mitili prelevati dagli impianti del porto di La Spezia nelle tre campagne di monitoraggio post-lockdown.

■ ■ Concentrations d'éléments traces (mg/kg s.b.) et de HAP totaux (µg/kg s.b.) mesurées dans les moules prélevées dans les fermes du port de La Spezia au cours des trois campagnes de surveillance post-lockdown.

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	IPA tot HAP tot
Aprile 2019 Avril 2019	Santa Teresa Santa Teresa	9.96	0.420	2.51	5.58	0.14	2.09	4.27	192.41	71.9
I PL 25/05/2020	Interno diga ovest Intérieur de la digue Ouest	17.76	0.387	0.93	6.56	0.10	0.60	4.69	376.05	31.3
	Interno diga est Intérieur de la digue Est	16.08	0.253	0.79	5.02	0.09	0.46	2.69	192.60	36.8
	Esterno diga Extérieur de la digue	19.05	0.274	0.90	4.77	0.07	0.74	1.95	113.33	34.5
II PL 22/06/2020	Interno diga ovest Intérieur de la digue Ouest	17.66	0.465	0.96	6.93	0.08	1.24	3.55	241.63	31.7
	Interno diga est Intérieur de la digue Est	14.95	0.250	0.77	4.30	0.05	0.78	2.73	168.83	19.4
	Esterno diga Extérieur de la digue	16.78	0.405	0.92	5.13	0.05	0.52	1.74	103.26	17.5
III PL 20/07/2020	Interno diga ovest Intérieur de la digue Ouest	12.64	0.760	0.82	5.65	0.06	0.62	1.41	184.42	23.7
	Interno diga est Intérieur de la digue Est	14.32	0.394	0.62	4.87	0.08	0.56	3.20	216.16	17.2
	Esterno diga Extérieur de la digue	15.78	0.422	0.66	4.49	0.06	0.68	1.30	106.47	15.8



Anche per il sito di Olbia i mitili sono stati prelevati direttamente dai filari, mantenendo le stesse stazioni di campionamento utilizzate nelle campagne di monitoraggio precedenti (Isola Bianca, Foce del Padrongianus, Imboccatura del Porto). Il prelievo dei mitili e la spedizione presso i laboratori di ISPRA sono stati possibili grazie al supporto dei mitilicoltori e dell'Autorità Portuale del Nord Sardegna. Per confrontare i risultati delle campagne post-lockdown è stata selezionata come riferimento la campagna del luglio 2018.

Le concentrazioni misurate negli organismi di Olbia sono risultate più basse rispetto a quelle degli organismi degli impianti di La Spezia e le loro variazioni non sono state particolarmente significative. Non si osservano pertanto effetti evidenti attribuibili al lockdown ed alla riduzione del traffico navale. Si precisa, però, che tali risultati potrebbero essere stati condizionati dal fatto che la prima campagna post-lockdown ad

Olbia è stata eseguita nei primi giorni di giugno, dopo l'iniziale ripresa delle attività. Soltanto le concentrazioni di cadmio e zinco si sono moderatamente ridotte negli organismi prelevati nel corso delle campagne del 2020. Rispetto alla fase pre-lockdown, nei campioni prelevati a giugno, si è osservato un incremento significativo di nichel, piombo e cromo (inquinanti tipici della cantieristica navale) e del rame, metallo contenuto negli antivegetativi. Questo incremento nei tessuti potrebbe essere attribuibile alla ripresa delle attività di cantiere al termine del lockdown. Tra la prima e la seconda campagna di monitoraggio post-lockdown si è evidenziato anche un generale incremento delle concentrazioni di IPA. Questo risultato è compatibile con l'intensificarsi di traffici commerciali nel Golfo di Olbia al termine del lockdown (a partire da giugno 2020).



Dans le site d'Olbia également, les moules ont été prélevées directement dans les filières, en conservant les mêmes stations d'échantillonnage utilisées lors des précédentes campagnes de surveillance (Isola Bianca, Embouchure du Padrongianus, Entrée du port). L'échantillonnage des moules et leur expédition aux laboratoires de l'ISPRa ont été possibles grâce à la collaboration des mytiliculteurs et de l'Autorité portuaire de la Sardaigne du Nord. Afin de comparer les résultats des campagnes post-confinement, la campagne de juillet 2018 a été choisie comme référence.

Les concentrations mesurées dans les organismes d'Olbia étaient inférieures à celles des organismes des fermes de La Spezia et leurs variations n'étaient pas particulièrement significatives. Il n'y a donc pas eu d'effets évidents attribuables au confinement et à la réduction du trafic maritime. Il convient toutefois de noter que ces résultats peuvent avoir été influencés par le fait que la première campagne postconfinement à Olbia a été menée début juin, après la reprise initiale des activités. Seules les concentrations de cadmium et de zinc ont été modérément réduites dans les organismes échantillonnés lors des campagnes 2020. Par rapport à la phase de pré-confinement, on a constaté une augmentation significative du nickel, du plomb et du chrome (polluants typiques de la construction navale) et du cuivre, un métal contenu dans les antifouling, dans les échantillons prélevés en juin. Cette augmentation des tissus pourrait être attribuée à la reprise des activités du chantier naval à la fin du confinement. On a également constaté une augmentation générale des concentrations de HAP entre la première et la deuxième campagne de surveillance post-confinement. Ce résultat est cohérent avec l'intensification du trafic commercial dans le golfe d'Olbia à la fin du confinement (à partir de juin 2020).



Il Porto di Olbia.
 Le Port d'Olbia.

- Concentrazioni di elementi in tracce (mg/kg s.s) ed IPA totali (µg/kg s.s.) misurate nei mitili prelevati dagli impianti del porto di Olbia nelle tre campagne di monitoraggio post-lockdown.
- Concentrations d'éléments traces (mg/kg s.b.) et de HAP totaux (µg/kg s.b.) mesurées dans les moules prélevées dans les fermes portuaires d'Olbia au cours des trois campagnes de surveillance post-lockdown.

Campagna Campagne	Stazione Station	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	IPA tot HAP tot
Luglio 2018 Juillet 2018	Isola Bianca Isola Bianca	9.29	0.33	0.47	2.22	0.02	0.71	0.12	110.4	8.6
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	8.41	0.66	0.74	3.63	0.04	1.27	0.26	108.2	7.4
	Imboccatura del Porto Entrée du port	9.76	0.62	0.54	1.92	0.03	0.99	0.16	140.62	7.4
I PL 03/06/2020	Isola Bianca Isola Bianca	10.85	0.123	0.73	4.54	0.03	1.70	1.51	100.00	23.3
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	9.92	0.131	0.75	3.72	0.03	1.31	0.70	75.80	24.5
	Imboccatura del Porto Entrée du port	9.95	0.113	0.52	4.14	0.03	0.47	0.64	74.22	17.2
II PL 24/06/2020	Isola Bianca Isola Bianca	12.55	0.257	0.75	4.10	0.03	0.42	0.58	74.55	27.5
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	12.33	0.241	0.46	3.65	0.02	0.42	0.47	86.95	32.0
	Imboccatura del Porto Entrée du port	11.48	0.262	0.52	4.55	0.02	0.40	0.49	68.78	24.9
III PL 15/07/2020	Isola Bianca Isola Bianca	10.80	0.188	0.37	3.27	0.03	0.39	0.20	75.30	15.7
	Foce del Padrongianus Embouchure du Padrongianus	9.88	0.213	0.39	3.45	0.04	0.57	0.34	70.63	14.8
	Imboccatura del Porto Entrée du port	10.23	0.223	0.50	3.30	0.03	0.35	0.36	77.97	14.8

6 - Sediqualssoft® GEREMIA e indici Integrati / Sediqualssoft® GEREMIA et indices Intégrés

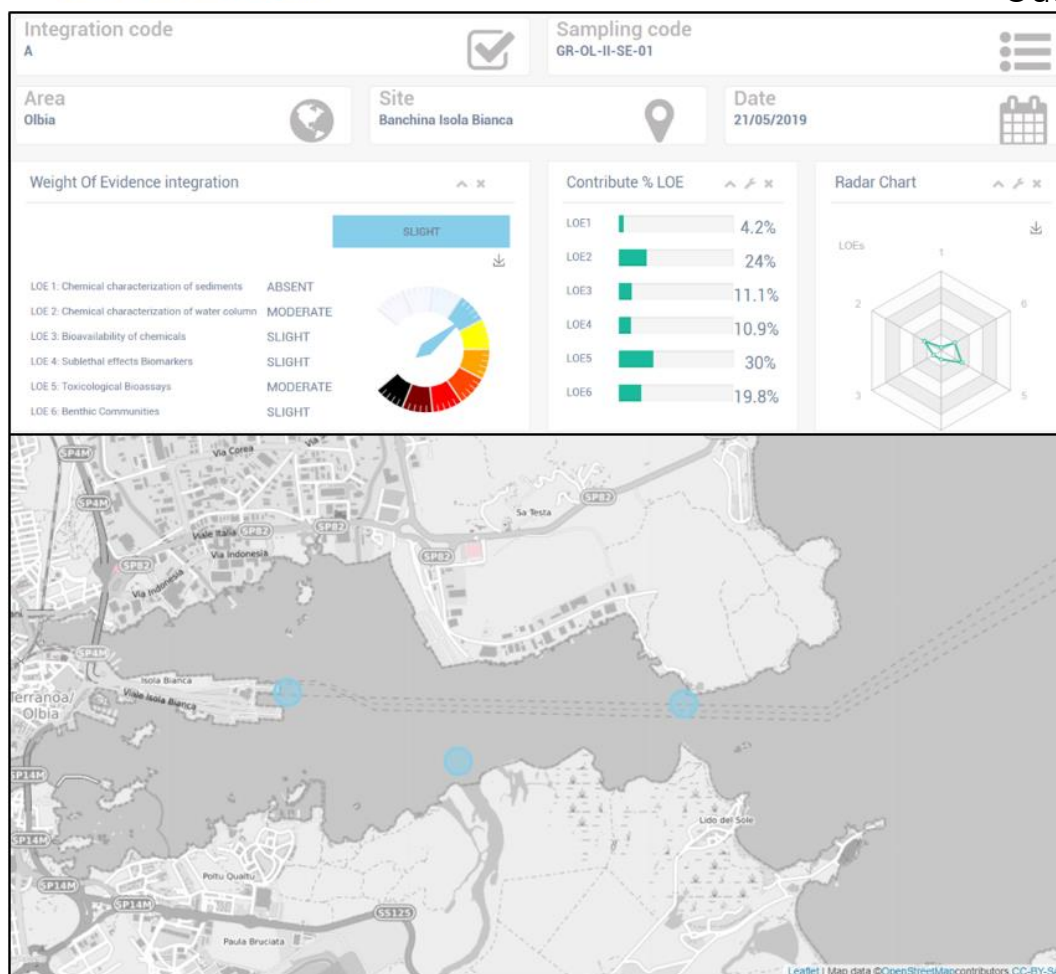




Il modello Sediqualssoft® è stato sviluppato dall'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale in collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche (DiSVA), per una sua specifica applicazione alla valutazione della qualità e del rischio associato a sedimenti ed ambienti inquinati. L'integrazione tra dati chimici e misure biologiche è un aspetto di sempre maggior importanza considerando l'assenza di procedure standardizzate o di linee guida per la valutazione di analisi di rischio ambientale (ERA). Sebbene questi studi siano tipicamente sito-specifici e la scelta delle indagini più opportune può essere molto variabile, è oggi universalmente riconosciuta la necessità che le tradizionali analisi chimiche vengano affiancate da misurazioni di tipo biologico. Il modello presenta specifici algoritmi e diagrammi di flusso che, sulla base di precisi obiettivi ed assunzioni da giudizio esperto, permettono di applicare criteri di integrazione ponderata ad ampi data-set di dati ottenuti da 6 linee di evidenza (LOE): caratterizzazione chimica dei sedimenti (LOE-1), caratterizzazione chimica della colonna d'acqua (LOE-2), biodisponibilità dei contaminanti associati ai sedimenti (LOE-3), effetti subletali misurati tramite biomarkers (LOE-4), effetti tossici a livello di organismo misurati tramite batterie di saggi (LOE-5), analisi delle comunità bentoniche (LOE-6). Ciascuna linea di evidenza è stata sviluppata all'interno di un singolo modulo in grado di fornire per ciascuna tipologia di dati, sia un indice quantitativo di pericolo (HQ, Hazard Quotient), che un giudizio sintetico del livello di pericolo (suddiviso in 5 classi, da "Assente" a "Molto Alto"). Il modello prevede un modulo di elaborazione finale WOE che integra le diverse linee di evidenza, dando un peso diverso in funzione della loro rilevanza ai fini dell'indagine, per arrivare alla valutazione sia quantitativa che qualitativa del Rischio Ecologico. L'integrazione finale WOE è flessibile, cioè prevede che possa essere integrato un numero variabile di linee di evidenza (in accordo allo schema generale di ERA gerarchica), e che queste possano essere diverse in funzione delle ipotesi di rischio sviluppate nel modello concettuale e dei risultati ottenuti durante le diverse fasi dell'ERA; da questo punto di vista non è necessario che vengano analizzate tutte le LOE per le quali è disponibile il flow-chart di elaborazione, ma possono invece essere integrate nel WOE finale altre tipologie di dati elaborati tramite processi standard.



Le modèle Sediqualssoft® a été développé par l'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale en collaboration avec l'Université Polytechnique des Marches

(DiSVA), pour une application spécifique à l'évaluation de la qualité et du risque associés aux sédiments et environnements pollués. L'intégration des données chimiques et des mesures biologiques est un aspect de plus en plus important compte tenu de l'absence de procédures ou de lignes directrices normalisées pour l'évaluation de l'analyse des risques environnementaux (ERA). Bien que ces études soient généralement spécifiques à un site et que le choix des investigations appropriées puisse être très variable, il est désormais universellement reconnu que les analyses chimiques traditionnelles doivent être complétées par des mesures biologiques. Le modèle présente des algorithmes et des diagrammes de flux spécifiques qui, sur la base d'objectifs précis et d'hypothèses formulées par des experts, permettent d'appliquer des critères d'intégration pondérés à de vastes ensembles de données obtenus à partir de 6 sources de données (LOE) : caractérisation chimique des sédiments (LOE-1), caractérisation chimique de la colonne d'eau (LOE-2), biodisponibilité des contaminants associés aux sédiments (LOE-3), effets sublétaux mesurés par des biomarqueurs (LOE-4), effets toxiques au niveau des organismes mesurés par des batteries de tests (LOE-5), analyse des communautés benthiques (LOE-6). Chaque ligne de preuve a été développée au sein d'un module unique qui fournit, pour chaque type de données, à la fois un indice de danger quantitatif (HQ, Hazard Quotient) et un jugement synthétique du niveau de danger (divisé en 5 classes, de "Absent" à "Très élevé"). Le modèle comprend un module final de traitement WOE qui intègre les différentes sources de données, en leur attribuant des pondérations différentes en fonction de leur pertinence pour l'étude, afin de parvenir à une évaluation quantitative et qualitative du risque écologique. Le WOE final d'intégration est flexible, c'est-à-dire qu'il prévoit qu'un nombre variable de lignes de preuve peuvent être intégrées (selon le schéma général de l'ERA hiérarchique), et que celles-ci peuvent être différentes selon les hypothèses de risque développées dans le modèle conceptuel et les résultats obtenus pendant les différentes phases de l'ERA ; de ce point de vue, il n'est pas nécessaire que toutes les LOE pour lesquelles le diagramme de traitement est disponible soient analysées, mais d'autres types de données traitées par des processus standard peuvent être intégrées dans le WOE final.



 Esempio di output del modello Sediqualssoft®.
 Exemple de sortie du modèle Sediqualssoft®.



L'obiettivo dello studio è stato effettuare una valutazione approfondita delle condizioni ambientali dei siti pilota di Olbia, Genova, La Spezia e Tolone mediante l'applicazione di criteri di valutazione ponderata dei risultati e la loro integrazione secondo l'approccio Weight of Evidence (WOE). A tal fine è stato parzialmente rielaborato e applicato il modello WOE Sediqualssoft che integra differenti tipologie di dati (Lines of Evidence, LOE):

- LOE-1: caratterizzazione chimica dei sedimenti in riferimento ai valori L2 del DM 173/2016
- LOE-2: caratterizzazione chimica della colonna d'acqua in riferimento agli SQA del D. Lgs 172/2015
- LOE-3: biodisponibilità di metalli e di composti organici per i mitili trapiantati
- LOE-4: effetti subletali misurati tramite batterie di biomarker nei mitili trapiantati

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
 La coopération au coeur de la Méditerranée

- LOE-5: caratteristiche ecotossicologiche dei sedimenti valutate tramite una batteria di saggi biologici
- LOE-6: analisi delle comunità bentoniche nei sedimenti

I risultati di ciascuna LOE sono stati inizialmente analizzati all'interno di specifici moduli, che utilizzano flowchart e algoritmi matematici appropriati per elaborare ampi data-sets di dati applicando criteri ponderati. Successivamente sono stati desunti indici di pericolo specifici per ciascuna LOE, che sono stati poi integrati, dando loro un peso diverso in funzione della rilevanza ecologica di ciascuna tipologia di indagine, per l'elaborazione finale di un indice di rischio complessivo.



L'étude a été réalisée afin d'effectuer une évaluation approfondie des conditions environnementales des sites pilotes d'Olbia, de Gênes, de La Spezia et de Toulon en appliquant des critères d'évaluation pondérés aux résultats et en les intégrant selon l'approche Weight of Evidence (WOE).

À cette fin, le modèle WOE de Sediqualsoft, qui intègre différents types de données (Lines of Evidence, LOE), a été partiellement révisé et appliqué :

- LOE-1 : caractérisation chimique des sédiments en référence aux valeurs L2 du DM italien 173/2016
- LOE-2 : caractérisation chimique de la colonne d'eau en référence aux NQE du D. Lgs italien 172/2015
- LOE-3 : biodisponibilité des métaux et des composés organiques pour les moules transplantées
- LOE-4 : effets sublétaux mesurés par des batteries de biomarqueurs dans les moules transplantées
- LOE-5 : caractéristiques écotoxicologiques des sédiments évaluées par une batterie de tests biologiques
- LOE-6 : analyse des communautés benthiques dans les sédiments

Les résultats de chaque LOE ont été initialement analysés dans des modules spécifiques, qui utilisent des organigrammes et des algorithmes mathématiques appropriés pour traiter de grands ensembles de données en appliquant des critères pondérés. Ensuite, des indices de risque spécifiques ont été déduits pour chaque LOE, qui ont ensuite été intégrés, en leur donnant un poids différent selon la pertinence écologique de chaque type d'étude, pour l'élaboration finale d'un indice de risque global.



Di seguito, si riportano, per ciascun sito pilota, gli indici di pericolo HQ delle singole linee di evidenza utilizzate, che, integrati tra loro e normalizzati rispetto ad una scala comune, hanno permesso di ricavare un singolo giudizio univoco e complessivo Weight Of Evidence (WOE). Il modello ha permesso di ottenere una classe di rischio integrando una grande quantità di dati eterogenei disponibili nei diversi porti, rispettivamente: circa 4200 risultati per il Porto di Olbia, circa 3600 per il Porto di Genova, circa 2300 risultati per il Porto di La Spezia, circa 700 risultati per il Porto di Tolone.

Per quanto riguarda la prima campagna, tutti i siti di indagine dei vari porti hanno evidenziato una condizione di rischio Assente o Basso.

Nella seconda campagna, le condizioni ambientali dei porti mostrano generalmente un passaggio di classe: il Porto di Olbia passa da una condizione di assenza di rischio ad una classe di rischio Basso; il Porto di Genova da una classe di rischio Basso ad una classe di rischio Medio; il Porto di La Spezia mostra una situazione simile rispetto alla campagna precedente con una classe di rischio Basso, ad eccezione del sito "Molo Fornelli" che evidenzia una classe di rischio Medio; anche il Porto di Tolone passa da una condizione ambientale con un rischio Assente/Basso a Basso/Medio.

In generale, questo peggioramento della classe di rischio è prevalentemente dovuto alle seguenti LOEs:

- **Porto di Olbia:** il peggioramento di rischio da Assente a Basso che si osserva tra la prima (giugno 2018) e la seconda campagna (maggio 2019) è dovuto sia ad un numero maggiore di LOEs investigate sia ad un aumento del livello di pericolo ecotossicologico (LOE5) nella II campagna. Il contributo maggiore della classe di rischio Basso per la III campagna (novembre 2019) è dato dal livello di pericolo chimico Medio della colonna d'acqua (LOE2);
- **Porto di Genova:** la classe di rischio Medio che si osserva nella seconda campagna (maggio 2019) è dovuto generalmente ad aumento del livello di pericolo della LOE 3, LOE 4 e LOE 5;
- **Porto di La Spezia:** l'aumento della classe di pericolo che si osserva nel tempo è dovuto principalmente ad un aumento del livello di pericolo chimico dei sedimenti (LOE 1) e anche alla LOE dei saggi ecotossicologici (LOE5);
- **Porto di Tolone:** l'aumento della classe di pericolo che si osserva nella II campagna è dovuto principalmente ad un aumento del livello di pericolo chimico dei sedimenti (LOE 1).

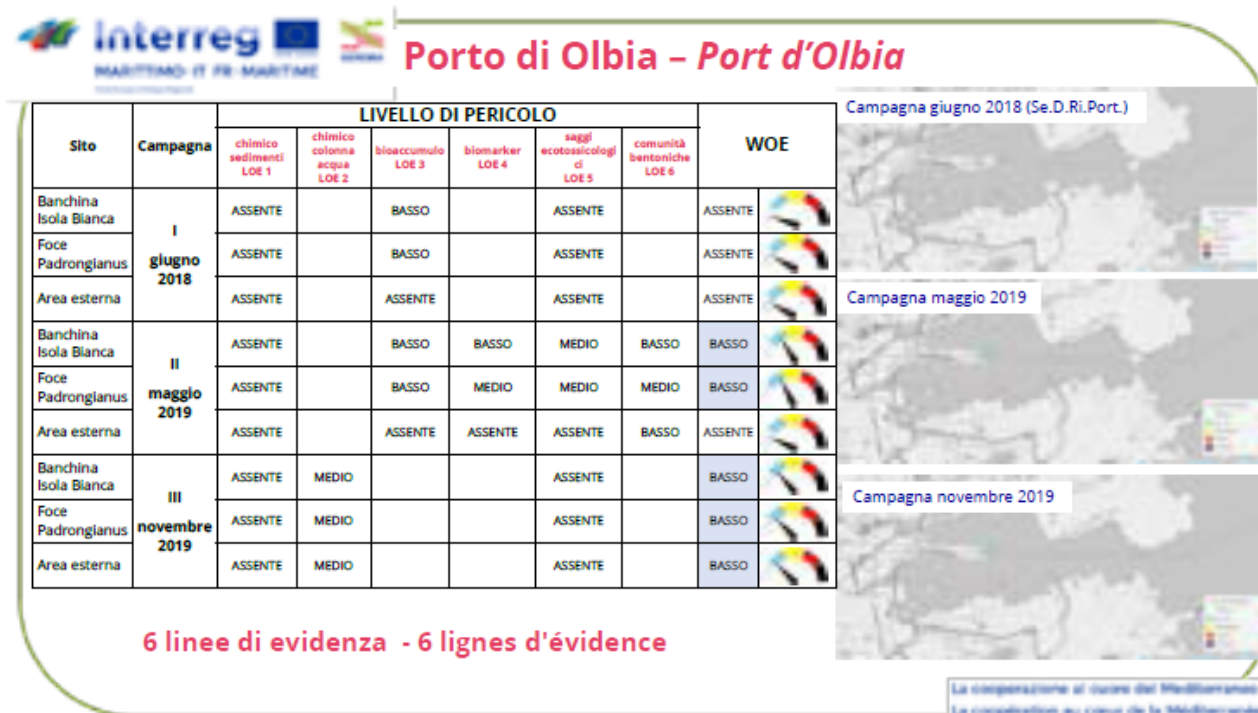


Ci-dessous, pour chaque site pilote, les indices de danger (QD) des différentes sources de données utilisées sont reportés. Intégrés les uns aux autres et normalisés par rapport à une échelle commune, ils ont permis de dégager un jugement unique et global (WOE). Le modèle a permis d'obtenir une classe de risque en intégrant une grande quantité de données hétérogènes disponibles dans les différents ports, respectivement : environ 4200 résultats pour le Port d'Olbia, environ 3600 pour le Port de Gênes, environ 2300 résultats pour le Port de La Spezia, environ 700 résultats pour le Port de Toulon.

En ce qui concerne la première campagne, tous les sites à l'étude des différents ports ont présenté un indice de risque Absent ou faible. Dans la deuxième campagne, les conditions environnementales des ports montrent généralement un changement de classe : le Port d'Olbia passe d'une condition de risque Absent à une classe de risque Faible ; le Port de Gênes passe d'une classe de risque Faible à une classe de risque Moyen ; le Port de La Spezia montre une situation similaire par rapport à la campagne précédente avec une classe de risque Faible, à l'exception du site "Molo Fornelli" qui montre une classe de risque Moyen ; le Port de Toulon passe également d'une condition environnementale avec un risque Absent/Faible à un risque Faible/Moyen.

En général, cette aggravation de la classe de risque est principalement due aux LOE suivants :

- **Port d'Olbia** : l'aggravation du risque d'Absent à Faible qui est observée entre la première (juin 2018) et la deuxième campagne (mai 2019) est due à la fois à un nombre plus élevé de LOEs analysées et à une augmentation du niveau de danger écotoxicologique (LOE5) dans la campagne II. La plus grande contribution de la classe de risque faible pour la campagne III (novembre 2019) est due au niveau de danger chimique moyen de la colonne d'eau (LOE2) ;
- **Port de Gênes** : la classe de risque moyen observée lors de la deuxième campagne (mai 2019) est généralement due à une augmentation du niveau de danger de LOE 3, LOE 4 et LOE 5 ;
- **Port de La Spezia** : l'augmentation de la classe de danger observée au fil du temps est principalement due à une augmentation du niveau de danger chimique des sédiments (LOE 1) et également au LOE des tests écotoxicologiques (LOE5) ;
- **Port de Toulon** : l'augmentation de la classe de danger observée lors de la campagne II est principalement due à une augmentation du niveau de danger chimique des sédiments (LOE 1).





Porto di Genova - Port de Gênes

Sito	Campagna	LIVELLO DI PERICOLO					WOE		Campagna dicembre 2018
		chimico sedimenti LOE 1	chimico colonna d'acqua LOE 2	bioaccumulo LOE 3	biomarker LOE 4	saggi ecotossicologici LOE 5			
Diga foranea imboccatura levante	I dicembre 2018	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE		
Porto antico		BASSO	ASSENTE	MEDIO	BASSO	ASSENTE	BASSO		
Foce Polcevera		MEDIO	ASSENTE			ASSENTE	BASSO		
Diga foranea imboccatura levante	II maggio 2019	BASSO	ASSENTE	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO		
Porto antico		ALTO	TRASCURABILE	MEDIO	MEDIO	ALTO	MEDIO		
Foce Polcevera		MEDIO	ASSENTE	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO		

5 linee di evidenza - 5 lignes d'évidence

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Porto di La Spezia - Port de La Spezia

Sito	Campagna	LIVELLO DI PERICOLO					WOE		Campagna novembre 2017
		chimico sedimenti LOE 1	chimico colonna d'acqua LOE 2	bioaccumulo LOE 3	biomarker LOE 4	saggi ecotossicologici LOE 5			
Molo Fornelli	I novembre 2017	ASSENTE		ALTO		ASSENTE	BASSO		
Cadimare molo aeronautica militare		ASSENTE		ALTO		ASSENTE	BASSO		
Centro Rada		ASSENTE				ASSENTE	ASSENTE		
Imboccatura di levante		ASSENTE				ASSENTE	ASSENTE		
Molo Fornelli	II maggio 2019	ALTO	ASSENTE	BASSO	ASSENTE	MOLTO ALTO	MEDIO		
Cadimare molo aeronautica militare		MOLTO ALTO	BASSO	BASSO	BASSO	ASSENTE	BASSO		
Centro Rada		MEDIO	ASSENTE		ASSENTE	ASSENTE	BASSO		
Imboccatura di levante		MEDIO	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	BASSO		
Molo Fornelli	III settembre 2019	ALTO		ALTO		MEDIO	ALTO		
Cadimare molo aeronautica militare	ALTO		MEDIO	BASSO	BASSO	MEDIO			
Centro Rada	MEDIO			BASSO	BASSO	MEDIO			
Imboccatura di levante	MEDIO		ASSENTE	ASSENTE	ALTO	BASSO			

5 linee di evidenza - 5 lignes d'évidence

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Porto di Tolone - Port de Toulon

Sito	Campagna	LIVELLO DI PERICOLO			WOE	
		chimico sedimenti LOE 1	chimico colonna d'acqua LOE 2	saggi ecotossicologici LOE 5		
Banchina Corsica Ferries	I febbraio 2019	MOLTO ALTO	ASSENTE	ASSENTE	BASSO	
La Tour Royale		ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
Impianti di mitilicoltura (Lazaret)		TRASCURABILE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	
Banchina Corsica Ferries	II ottobre 2019	MOLTO ALTO		ASSENTE	MEDIO	
La Tour Royale		MEDIO		ASSENTE	BASSO	
Impianti di mitilicoltura (Lazaret)		MEDIO		ASSENTE	MEDIO	

Campagna febbraio 2019





Campagna ottobre 2019



4 linee di evidenza - 4 lignes d'évidence

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée

 Classe di rischio dei Porti di Olbia, Genova, La Spezia e Tolone nelle 3 campagne. Le classi di rischio sono espresse tramite i colori (bianco: assente; celeste: basso; giallo: medio; rosso: alto; nero: molto alto).

 Classe de risque des Ports d'Olbia, Gênes, La Spezia et Toulon dans les 3 campagnes. Les classes de risque sont exprimées par des couleurs (blanc : absent ; bleu clair : faible ; jaune : moyen ; rouge : élevé ; noir : très élevé).

Porto Port	Sito Site	Classe di rischio Classe de risque		
		I Campagna I Campagne	II Campagna II Campagne	III Campagna III Campagne
OLBIA	Isola Bianca <i>Isola Bianca</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>
	Foce del Padrongianus <i>Embouchure du Padrongianus</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>
	Imboccatura del Porto <i>Entrée du port</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>
GENOVA	Ingresso di levante <i>Entrée orientale</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>	
	Interno porto <i>Intérieur du port</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>	
	Foce Torrente Polcevera <i>Embouchure du Polcevera</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>	
LA SPEZIA	Molo Fornelli <i>Molo Fornelli</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>	ALTO <i>ÉLEVÉ</i>
	Cadimare <i>Cadimare</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>
	Centro Rada <i>Centre de Rade</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>
	Santa Teresa <i>Santa Teresa</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>
TOULON	Terminal traghetti <i>Terminal de ferry</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>	
	Tour Royale <i>Tour Royale</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	BASSO <i>FAIBLE</i>	
	Impianti di mitilicoltura <i>Fermes mytilicoles</i>	ASSENTE <i>ABSENT</i>	MEDIO <i>MOYEN</i>	

7 - Sistema di supporto alle decisioni (GEREMIA DSS) / Système d'aide à la décision (GEREMIA DSS)



La strategia di gestione della qualità dell'acqua nella zona del porto con particolare riferimento alla prevenzione e contenimento dei reflui inquinanti, deve essere in grado di rispondere e adattarsi ad un sistema estremamente dinamico che muta al mutar delle condizioni atmosferiche e del mare. Per offrire la risposta più efficace alle condizioni istantanee, la piattaforma GEREMIA, realizzata da ETT S.p.A., integra un

sistema di supporto decisionale (DSS) specificamente disegnato e sviluppato in risposta alle esigenze dei porti pilota del progetto.

Il DSS è una piattaforma digitale che offre innovativi strumenti per l'elaborazione degli scenari di riferimento e lo sviluppo di piani di azione sui diversi livelli di intervento. Attraverso il portale pubblico <https://www.dss-geremia.it> è possibile accedere ai servizi di supporto decisionale per i quattro porti dimostratori: Genova, La Spezia, Olbia, Tolone. Per ciascuno dei dimostratori, GEREMIA DSS offre una serie di strumenti interattivi che permettono di verificare le condizioni meteo-marine nell'area di interesse con previsioni estremamente affidabili e ad altissima risoluzione fino a 5 giorni.

Il risultato delle elaborazioni dei modelli previsionali sviluppati e ottimizzati dal DICCA dell'Università di Genova (per Genova, La Spezia e Tolone) e dal CNR IAS (per Olbia) sono disponibili e interrogabili attraverso l'interfaccia unisce un design ottimizzato per una alta usabilità e fruibilità del dato ad una infrastruttura di elaborazione e gestione del dato. L'utente può scegliere il tematismo di interesse (stato del mare, condizioni atmosferiche, ecc.) visualizzare le animazioni ed estrarre informazioni puntali e geolocalizzate.

Attraverso una sezione riservata, gli utenti abilitati possono verificare dati sulla qualità dell'acqua valutata attraverso diverse tecniche. La sezione riservata permette di effettuare la valutazione della dispersione di inquinanti in tempo reale.

La sezione sulle dispersioni è una delle funzionalità più innovative del GEREMIA DSS: il sistema elabora in tempo reale le traiettorie di uno sversamento prendendo in esame uno degli scenari tipo, definiti attraverso la rielaborazione di dati storici (DICCA per Genova e La Spezia, Università di Tolone per Tolone), e comparati alle condizioni attuali attraverso algoritmi di intelligenza artificiale. Questi algoritmi ordinano e selezionano lo scenario di riferimento che permette di elaborare le traiettorie di dispersione.

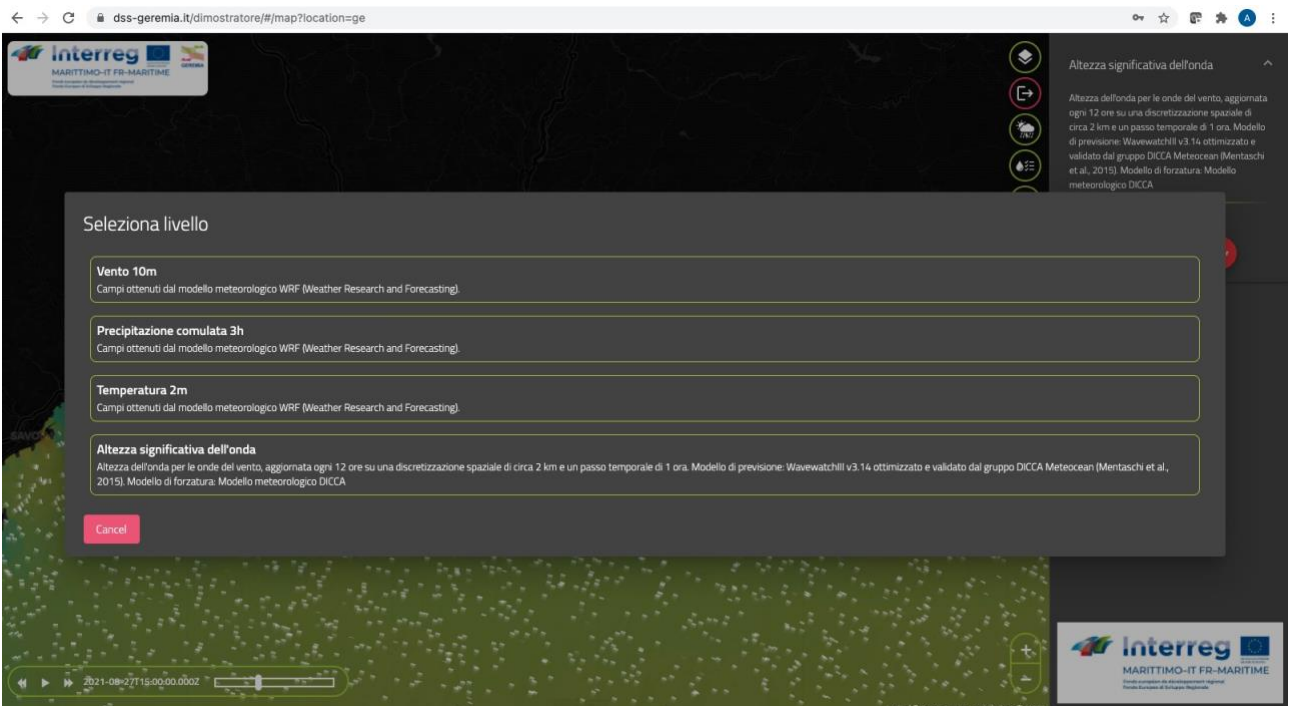
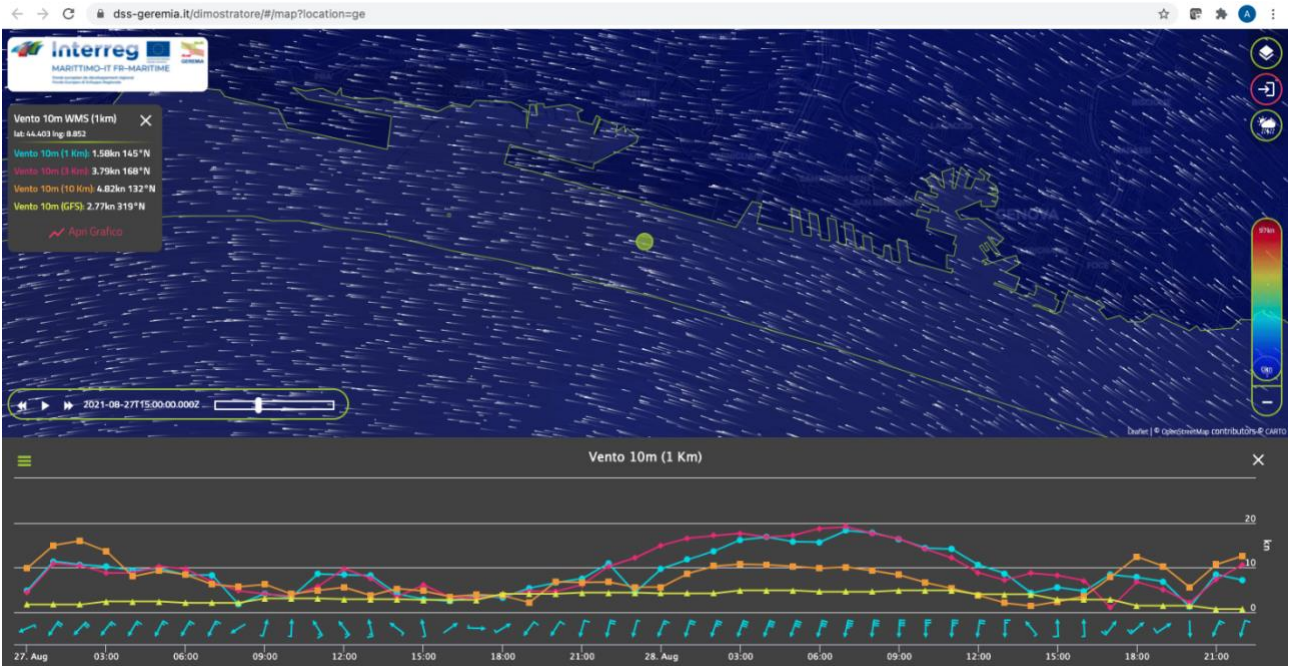


La stratégie de gestion de la qualité de l'eau dans la zone portuaire, en particulier en ce qui concerne la prévention et le confinement des effluents polluants, doit pouvoir répondre et s'adapter à un système extrêmement dynamique qui évolue en fonction des conditions atmosphériques et météorologiques marines. Afin d'offrir la réponse la plus efficace aux conditions instantanées, la plateforme GEREMIA, créée par ETT S.p.A., intègre un système d'aide à la décision (DSS) spécifiquement conçu et développé en réponse aux besoins des ports pilotes du projet.

Le DSS est une plateforme numérique offrant des outils innovants pour l'élaboration de scénarios de référence et le développement de plans d'action à différents niveaux d'intervention. Grâce au portail public <https://www.dss-geremia.it>, il est possible d'accéder aux services d'aide à la décision pour les quatre ports de démonstration : Gênes, La Spezia, Olbia, Toulon. Pour chacun des ports, GEREMIA DSS offre une série d'outils interactifs qui permettent de vérifier les conditions météorologiques et maritimes dans la zone d'intérêt avec des prévisions extrêmement fiables et à haute résolution jusqu'à 5 jours.

Le résultat du traitement des modèles de prévision développés et optimisés par le DICCA de l'Université de Gênes (pour Gênes, La Spezia et Toulon) et par le CNR IAS (pour Olbia) sont disponibles et peuvent être interrogés à travers l'interface, qui combine un design optimisé pour une grande facilité d'utilisation et une infrastructure pour le traitement et la gestion des données. L'utilisateur peut choisir le thème qui l'intéresse (état de la mer, conditions météorologiques, etc.), visualiser des animations et extraire des informations ponctuelles et géolocalisées.

Grâce à une section réservée, les utilisateurs autorisés peuvent vérifier les données sur la qualité de l'eau évaluée grâce à différentes techniques. La section réservée permet d'évaluer la dispersion des polluants en temps réel. La section relative aux dispersions est l'une des fonctionnalités les plus innovantes du GEREMIA DSS : le système traite en temps réel les trajectoires d'un déversement en prenant en compte l'un des scénarios types, définis par le retraitement de données historiques (DICCA pour Gênes et La Spezia, Université de Toulon pour Toulon), et comparés aux conditions actuelles par des algorithmes d'intelligence artificielle. Ces algorithmes ordonnent et sélectionnent le scénario de référence qui permet l'élaboration des trajectoires de dispersion.







7.1 DSS Olbia / DSS Olbia



Il sistema modellistico per il Porto di Olbia è stato implementato dal CNR IAS in modo operativo per servizi di SAR (Safe And Rescue) e anti-inquinamento, cioè in caso di emergenze occorrenti all'interno e all'esterno dell'area portuale di Olbia, con la possibilità, per gli utenti abilitati, di realizzare scenari e previsioni della circolazione, o di spostamenti di macchie di inquinante, fino a 72 ore. Il servizio è quindi on demand con accesso tramite il portale di un DSS (Decision Support System), a login dal sito <http://www.seaforecast.cnr.it/geremia> dove, inserite le indicazioni di luogo, data e durata dell'evento si ottengono le previsioni delle traiettorie e degli impatti a costa.

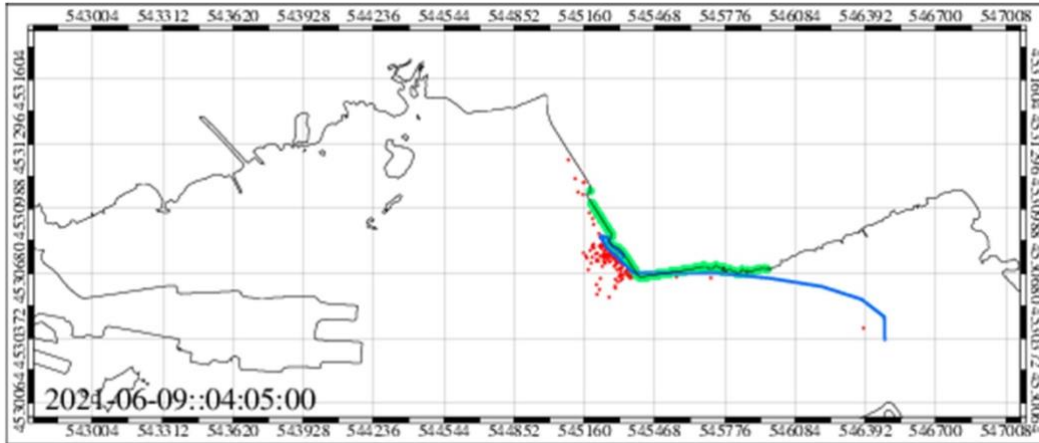
Oltre alla simulazione, il DSS OLBIA offre la possibilità di ottenere previsioni ogni 6 ore per le successive 72 ore della circolazione superficiale (direzione e velocità della corrente) e della Water Age (in giorni) all'interno del Porto di Olbia con zoom in zona Darsena o canale di accesso al porto dal Golfo. Il dato della Water Age è molto importante in quanto fornisce indicazioni sui tempi di ricircolo completo delle acque nelle diverse aree portuali in determinate condizioni meteorologiche. Questo valore fornisce quindi indicazioni sulla persistenza di un inquinante in una determinata area del porto, molto importante per lo studio delle caratteristiche di aree adibite ad acquacoltura o mitilicoltura o commerciali in genere.







Le système de modélisation du Port d'Olbia a été mis en oeuvre par le CNR IAS de manière opérationnelle pour les services SAR (Safe And Rescue) et anti-pollution, c'est-à-dire en cas d'urgences survenant à l'intérieur et à l'extérieur de la zone portuaire d'Olbia, avec la possibilité, pour les utilisateurs habilités, de créer des scénarios et des prévisions de la circulation ou du mouvement des points polluants, jusqu'à 72 heures. Le service est donc à la demande avec accès par le portail d'un DSS (Decision Support System), en s'identifiant sur le site <http://www.seaforecast.cnr.it/geremia> où, en entrant les informations de lieu, date et durée de l'événement, on obtient les prévisions de trajectoire et d'impacts sur la côte.

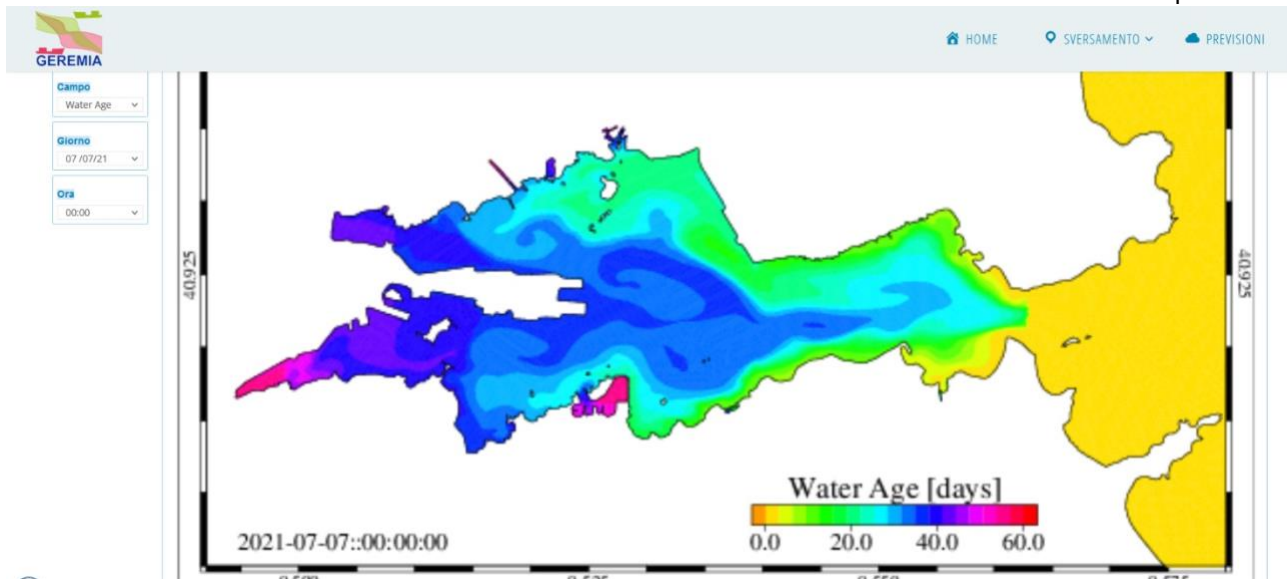
En plus de la simulation, le DSS OLBIA offre la possibilité d'obtenir des prévisions toutes les 6 heures pour les prochaines 72 heures sur la circulation de surface (direction et Vitesse du courant) et du temps de résidence des eaux (en jours) à l'intérieur du Port d'Olbia avec un zoom sur la zone des docks ou le canal d'accès au port depuis le Golfe. Les données sur l'âge de l'eau sont très importantes car elles fournissent des informations sur le temps de recirculation complet de l'eau dans les différentes zones





portuaires dans certaines conditions météorologiques. Cette valeur donne donc une indication de la persistance d'un polluant dans une zone donnée du port, très importante en particulier pour l'étude des caractéristiques des zones utilisées pour l'aquaculture ou la mytiliculture ou des zones commerciales en général.



-  Simulazione dello spostamento superficiale di una macchia di inquinante all'interno del Porto di Olbia.
-  Simulation du déplacement en surface de polluants dans le Port d'Olbia.

-  La pagina interna del portale con i dati dello sversamento da inserire.
-  La page du portail interne sur laquelle les données de déversement doivent être saisies



  Previsione della Water Age all'interno dell'area portuale.
  Prévision de l'âge de l'eau (Water Age) dans la zone portuaires

8 - E-Learning (GEREMIA VR) / E-Learning (GEREMIA VR)

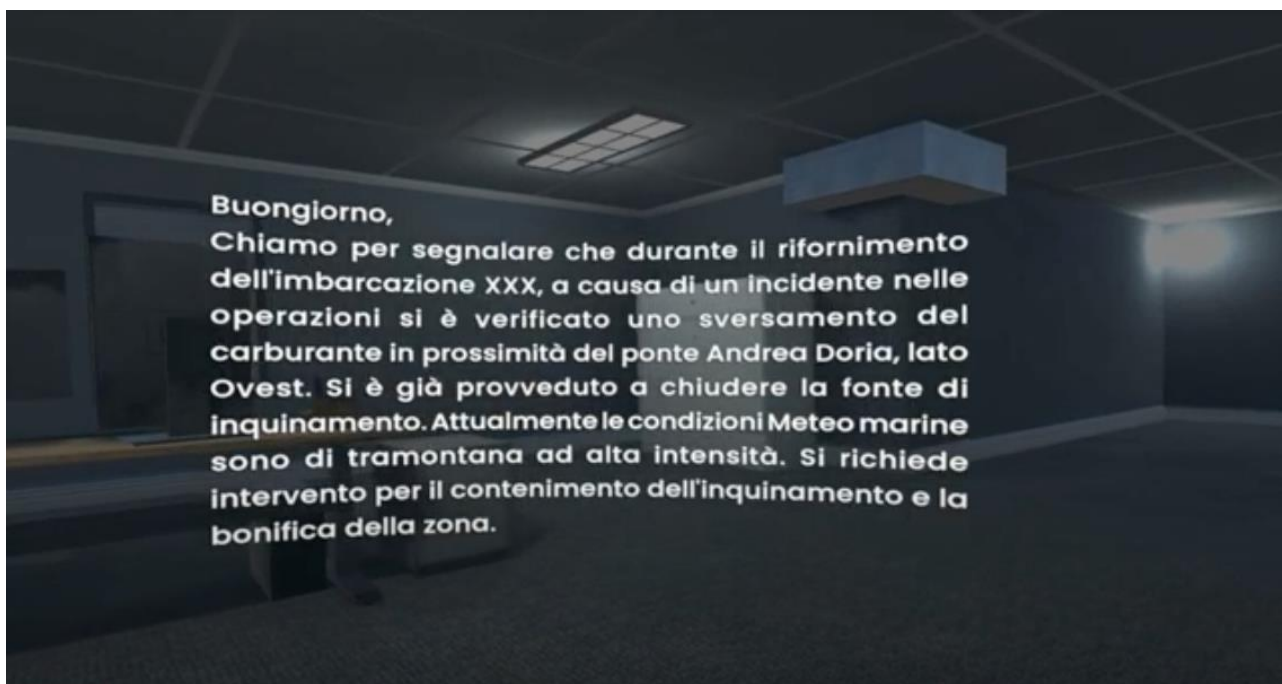


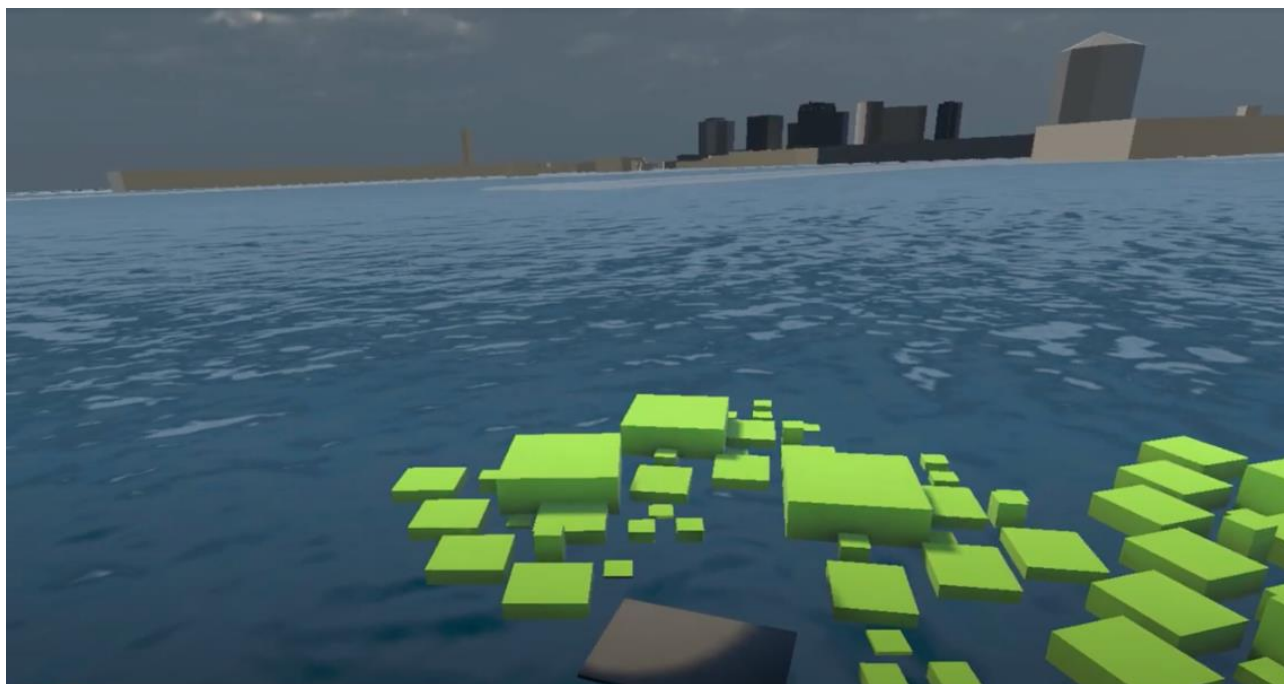
Ad integrazione dei sistemi di supporto alle decisioni, il progetto GEREMIA ha realizzato una innovativa piattaforma di formazione interattiva. La piattaforma GEREMIA VR, realizzata da ETT S.p.A., permette di apprendere le tecniche di gestione e smaltimento dei reflui in una modalità immersiva proiettando il discente nello scenario virtuale dell'emergenza. La formazione segue l'approccio dei Learning Objects, ovvero di una serie di livelli di formazione per cui l'accesso al livello successivo avviene solo dopo il completamento del livello precedente, in un ambiente virtuale pseudorealistico (serious game), e al discente è richiesto di interagire nei diversi ambienti e scenari di studio e apprendere al meglio le diverse operazioni e attività per la corretta gestione dell'emergenza. Dopo aver preso in consegna la chiamata di emergenza, l'operatore pianifica l'intervento studiando le condizioni attraverso la piattaforma GEREMIA DSS. Una volta selezionati i mezzi e le dotazioni da utilizzare si reca sul sito dell'emergenza per recuperare il materiale disperso. Conferito il materiale per la corretta gestione o smaltimento il discente chiude l'esercitazione compilando i rapporti sull'intervento realizzato.

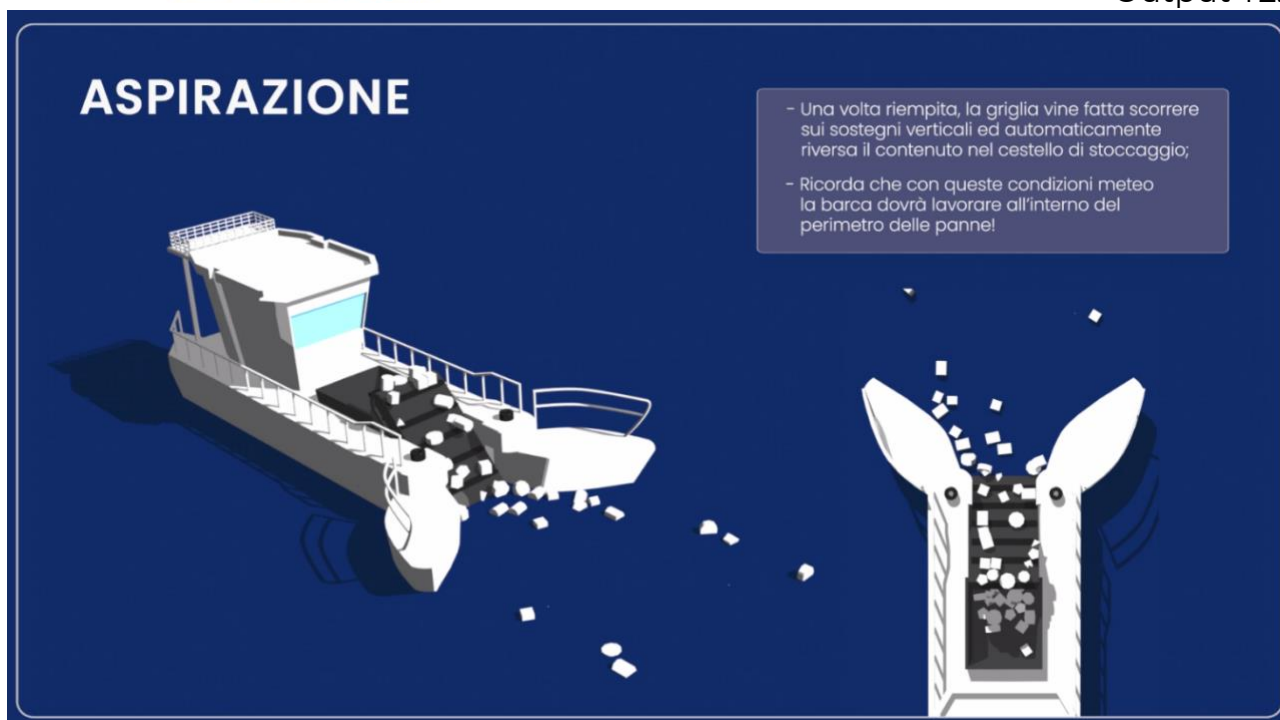


Pour compléter les systèmes d'aide à la décision, le projet GEREMIA a développé une plateforme de formation interactive innovante. La plateforme GEREMIA VR, développée

par ETT S.p.A., permet à l'apprenant d'apprendre les techniques de gestion et d'élimination des déchets en mode immersif en le projetant dans le scénario virtuel de l'urgence. La formation suit l'approche des objets d'apprentissage, c'est-à-dire une série de niveaux de formation où l'accès au niveau suivant ne se fait qu'après avoir terminé le niveau précédent, dans un environnement virtuel pseudo-réaliste (serious game), et l'apprenant est invité à interagir dans les différents environnements et scénarios et à apprendre les différentes opérations et activités pour la gestion correcte de l'urgence. Après avoir pris l'appel d'urgence, l'opérateur planifie l'intervention en étudiant les conditions par le biais de la plateforme GEREMIA DSS. Après avoir choisi les moyens et le matériel à utiliser, il se rend sur les lieux de l'urgence pour récupérer le polluant dispersé. Une fois récupéré le polluant pour être traité de manière appropriée, l'apprenant clôture l'exercice en remplissant les rapports sur l'intervention effectuée.







9 - Installazione sistemi di contenimento degli inquinanti nel Porto di Genova / Installation de systems de confinement des polluants dans le Port de Gênes



Nel corso delle azioni pilota del progetto, nel Porto di Genova sono stati installati sistemi temporanei di biorisanamento delle acque portuali (attività di mycoremediation) e sistemi permanenti di contenimento degli inquinanti da impiegare in caso di emergenza.



Pendant les actions pilotes du projet, des systems temporaires de bioremédiation des eaux portuaires (activités de mycoremédiation) et des systèmes permanents de confinement des polluants à utiliser en cas d'urgence ont été installés dans le Port de Gênes.

9.1 Attività pilota di mycoremediation / Activités pilotes de mycoremédiation



Un'attività pilota di bioremediation delle acque è stata realizzata nel Porto di Genova dall'Università di Genova. Pannelli assorbenti, arricchiti con micro- e macro-funghi (mico-

panne), sono stati installate nelle acque portuali in collaborazione con Servizi Ecologici Porto di Genova.

Dopo 15 e 30 giorni dall'installazione, le panne sono state recuperate e analizzate chimicamente per quantificare la concentrazione dei metalli assorbiti dall'acqua del porto. Dai risultati ottenuti si è potuto evidenziare come alcuni elementi metallici presenti in traccia nelle acque siano stati bioconcentrati nelle micro-panne, evidenziando così la capacità di accumulare anche metalli che si presentano molto diluiti nelle acque portuali. I dati hanno mostrato anche un'elevata capacità di accumulo da parte delle micro-panne assorbenti di metalli generalmente molto abbondanti in ambienti portuali come Fe, Al, e Mn.



L'Université de Gênes a réalisé une activité pilote de bioremédiation dans le port de Gênes. Des barrages absorbants, enrichis en micro- et macro-mycètes (mycobarrages), ont été installés dans les eaux du port en collaboration avec Servizi Ecologici Porto di Genova (SEPG).

Au bout de 15 et de 30 jours après l'installation, les barrages ont été récupérés et analysés chimiquement afin de quantifier la concentration de métaux absorbés dans l'eau du port. Les résultats obtenus ont montré comment certains éléments métalliques présents à l'état de traces dans l'eau ont été bioconcentrés dans les myco-barrages, mettant ainsi en évidence leur capacité à accumuler même des métaux très dilués dans l'eau du port. Les données ont également montré une forte capacité d'accumulation par les myco-barrages absorbants de métaux généralement très abondants dans les environnements portuaires tels que Fe, Al, et Mn.



Interreg



UNION EUROPEENNE
UNIONE EUROPEA





MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Output T2.1



-  Mico-panne nel Porto di Genova.
-  Myco-barrages dans le Port de Gênes.

9.2 Installazione di sistemi di segregazione degli inquinanti / Installation de systèmes de confinement des polluants





Servizi Ecologici Porto di Genova si è occupata di installare sistemi di segregazione all'interno dello scalo genovese. Tali segregazioni avranno lo scopo di confinare eventuali inquinamenti dovuti da acque reflue a seguito di sversamenti di idrocarburi, inquinamento dovuto ai torrenti/rii che sfociano in porto, acque reflue non collettate, etc. Le postazioni sono distribuite all'interno dell'area portuale seguendo le indicazioni derivanti dalla modellizzazione, in modo da permettere l'intervento in modo tempestivo ed efficace in caso di necessità. Le panne, disposte in cestelli, sono installate direttamente sulle imbarcazioni della SEPG e dislocate su rulli in diverse postazioni all'interno dell'area portuale, e potranno essere utilizzate per segregare le zone inquinate tramite ancoraggio sul fondo oppure alle banchine. L'installazione di tali sistemi di segregazione, unito all'utilizzo del DSS (Decision Support System), permetterà un intervento più rapido, grazie all'utilizzo dei cestelli a rapido dispiegamento, e efficace in caso di sversamento di idrocarburi o altri inquinanti, in quanto permetterà di segregare solo le porzioni direttamente interessate dallo sversamento.



Servizi Ecologici Porto di Genova (SEPG) s'est chargé d'installer des systèmes de confinement dans le Port de Gênes. Ces systèmes ont pour objectif de confiner toute pollution due aux eaux usées provenant de déversements d'hydrocarbures, aux cours d'eau qui se jettent dans le port, aux eaux usées non collectées, etc. Les barrages sont répartis dans la zone portuaire en fonction des indications découlant de la modélisation, de manière à permettre une intervention rapide et efficace en cas de besoin. Les barrages, contenus dans des caisses, sont installés directement sur les navires de SEPG et placés sur des enrouleurs à différents endroits de la zone portuaire. Ils peuvent être utilisés pour confiner les zones polluées en les ancrant au fond ou aux quais. L'installation de ces systèmes de confinement, associée à l'utilisation du DSS (Système d'aide à la décision), permettra une intervention plus rapide, grâce à l'utilisation de caisses à déploiement rapide, et une intervention efficace en cas de déversement d'hydrocarbures ou d'autres polluants, car elle permettra de confiner uniquement les parties directement touchées par le déversement.



 Sistemi di segregazione degli inquinanti nel Porto di Genova.
 Systèmes de confinement des polluants dans le Port de Gênes.